



Escola Universitària d'Enginyeria
Tècnica Industrial de Barcelona
Consorci Escola Industrial de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Volum I

Memòria – Plànols

TREBALL DE FI DE GRAU

A background image of a large, multi-story building with a central tower and many windows, likely a university building.

“Disseny d’un humectador i mesclador industrial”

TFG presentat per obtenir el títol de GRAU en
ENGINYERIA MECÀNICA
Per **Quim Digon Nadal**

Barcelona, 09 de Juny de 2015

Director: Pedro Ortiz Morón
Departament de EM
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)



Escola Universitària d'Enginyeria
Tècnica Industrial de Barcelona
Consorci Escola Industrial de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Memòria

A background image of a large, ornate building with a central tower and many windows, likely a university building.

Disseny d'un humectador i mesclador industrial

TFG presentat per optar al títol de GRAU en
ENGINYERIA MECÀNICA
per **Quim D'agon Nadal**

Barcelona, 09 de Juny de 2015

Director: Pedro Ortiz Morón
Departament EM
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

ÍNDEX MEMÒRIA

Resum	1
Resumen	1
Abstract	1
 Agraïments	 2
 Capítol 1: Definició del projecte	 3
1.1. Objectiu del projecte.....	3
1.2. Abast del projecte	3
 Capítol 2: Descripció de la maquinària	 4
2.1. Tipus de màquines	4
2.1.1. Transportador tubular.....	5
2.1.2. Transportador en canal	11
2.1.3. Elevador de catúfols	13
2.1.4. Transportador de cadena tipus "Redler"	17
2.2. Material de fabricació	18
2.3. Motor-reductors.....	19
2.3.1. Motor-reductors d'engranatges cilíndrics, sèrie R.....	19
2.3.2. Motor-reductor cilíndric d'eixos paral·lels, sèrie F	20
2.4. Transmissions	21
2.4.1. Acoblaments.....	21
2.4.2. Cadena.....	22
2.4.3. Transmissió directa	23
2.5. Aïllaments.....	23
2.6. Coixinets	26
2.6.1. De peu	26
2.6.2. De brida	26
2.6.3. De tensor	27
2.6.4. SKF	27
2.6.5. INA.....	28

2.7.	Sensors	28
2.7.1.	Sensors de moviment.....	28
2.7.2.	Sensors de pressió.....	28
2.7.3.	Sensors de proximitat	29
2.7.4.	Sensors de temperatura.....	29
2.8.	Acabats.....	30
2.8.1.	Acer al carboni.....	30
2.8.2.	Acer inoxidable.....	31
2.9.	Subcategories.....	32
2.9.1.	ATEX.....	32
2.9.2.	Alimentari / Farmacèutic.....	33
2.9.3.	Transports de fangs.....	33
2.9.4.	Temperatura.....	33
2.10.	Directives.....	35
 Capitol 3: Procés de selecció de la maquinària		36
3.1.	Requisits	36
3.1.1.	Material a transportar.....	36
3.1.2.	Caudal.....	36
3.1.3.	Desplaçament.....	37
3.2.	Selecció de l'idoni.....	37
3.2.1.	Transportador tubular.....	37
3.2.2.	Transportador en canal	37
3.2.3.	Elevador.....	38
3.2.4.	Transportador en cadena tipus "Redler"	38
 Capitol 4: Cas pràctic		39
4.1.	Recepció de la informació per part del client	39
4.2.	Proposta de disseny	39
4.2.1.	Diàmetre rosca (D)	39
4.2.2.	Pas (S)	40
4.2.3.	Secció de treball del transportador (A)	40
4.2.4.	Coeficient d'omplert (ϕ).....	41
4.2.5.	Potència necessària (P)	41

4.2.6.	Potència desplaçament material (P_H).....	41
4.2.7.	Coeficient de resistència al desplaçament (λ).....	42
4.2.8.	Potència accionament en buit (P_N).....	42
4.2.9.	Potència per la inclinació (P_{St})	42
4.2.10.	Potència necessària 2 (P).....	43
4.2.11.	Velocitat de rotació (n).....	43
4.2.12.	Filtres aspersors	44
4.2.13.	Eixos.....	45
4.3.	Desglossament de la màquina	49
4.3.1.	Acer	49
4.3.2.	Canal.....	49
4.3.3.	Registres	50
4.3.4.	Tapes	51
4.3.5.	Boques.....	52
4.3.6.	Protectors.....	52
4.3.7.	Testers	53
4.3.8.	Aletes.....	54
4.3.9.	Premsa-estopes.....	56
4.4.	Compra material	57
4.4.1.	Materials en estoc.....	57
4.4.2.	Materials específics	57
4.5.	Planells taller	57
4.5.1.	Planell per al torner.....	58
4.5.2.	Planell general.....	58
4.5.3.	Planell testers	58
4.5.4.	Làser	58
4.5.5.	Altres	58
4.6.	Fabricació	58
4.7.	Pintat	63
4.8.	Muntatge.....	65
4.9.	Enviament	67

Capitol 5: Pressupost	68
5.1. Costos directes del material.....	68
5.2. Costos derivats de la fabricació al taller.....	69
5.1. Costos derivats de l'oficina tècnica	69
 Capitol 6: Conclusions.....	 71
 Capitol 7: Bibliografia	 72
7.1. Referències bibliogràfiques.....	72

RESUM

Aquest treball de final de grau està emmarcat dins l'empresa Sinfimasa, a la població de Guissona. En ell s'explica primerament la maquinària que s'elabora, per tal d'introduir al lector en el món de les màquines pel transport de materials granulosos. Aquestes màquines són: el transportador tubular, el transportador en canal, l'elevador de catúfols i el transportador en cadena.

Posteriorment, es dur a terme un cas pràctic. Aquest cas parteix de les necessitats del client, com són el caudal i el material a transportar i les distàncies que es volen superar; fins a l'entrega de la màquina, tot descrivint el procés de disseny i fabricació.

RESUMEN

Este trabajo de final de grado está enmarcado dentro la empresa Sinfimasa, en la población de Guissona. En él se explica, primeramente la maquinaria que se elabora, para introducir al lector en el mundo de las máquinas para el transporte de materiales granulosos. Estas máquinas son: el transportador tubular, el transportador en canal, el elevador de cangilones y el transportador en cadena.

También se trata un caso práctico partiendo de las necesidades del cliente, como el caudal a transportar, las distancias que se quieren superar y el material a transportar. Hasta la entrega de la máquina, describiendo el proceso de diseño y fabricación.

ABSTRACT

This project is made inside an enterprise called Sinfimasa, located in Guissona. It begins describing the machinery they product, to context the reader in the world of this kind of machinery. These machines are: the tubular conveyor, the canal conveyor, the lift bucket and the chain conveyor.

The project also includes a practical case. This case starts with the necessities of the custom, which includes the obligatory information about the flow, the sizes and the material to transport, and finishes with the delivery of the machine, describing the design and the fabrication process.

AGRAÏMENTS

Voldria donar les gràcies a la meva família pel suport moral. Especialment al meu pare per resoldre els dubtes que m'han sorgit en molts casos.

També agrair a l'empresa Sinfimasa que m'hagi facilitat tota la informació que he necessitat.

Agrair al tutor del treball, Pedro, pel recolzament que m'ha donat sempre en els meus treballs, ja que he canviat diverses vegades de projecte tenint sempre el seu suport. També agrair-li que qualsevol dubte que m'ha sorgit me l'ha intentat resoldre el més ràpid i eficaçment possible.

CAPITOL 1:

DEFINICIÓ DEL

PROJECTE

1.1. Objectiu del projecte

L'objectiu del present treball de final de grau és estudiar el disseny d'un humectador i mesclador industrial, des de la fase de contacte amb el client fins a l'enviament de la màquina. Tot millorant la comunicació oral i escrita que requereix un projecte d'aquest nivell.

1.2. Abast del projecte

El projecte obvia alguns aspectes que no són de vital importància per a no fer feixuga la lectura del treball. Tanmateix, alguns apartats estan explicats detalladament ja que en aquests rau la importància del disseny d'una màquina d'aquest tipus.

En la part de descripció de les màquines algunes són explicades més detalladament per la rellevància que tindran posteriorment en el treball. Simplificant a la vegada altres màquines ja que no mereixen tant d'espai en aquest treball.

La part més important del treball és el cas pràctic, on s'estudia el disseny i la fabricació d'una màquina humectadora i mescladora industrial. Aquí s'explica en detall els aspectes de disseny ja que és la part més propera a l'enginyer. Això no treu que també s'expliqui la fabricació, ja que aquesta té molta importància relacionada amb el disseny. Tot el disseny s'ha de poder fabricar, sense caure en el parany de que quelcom sigui possible en l'ordenador però no en la realitat.

CAPITOL 2:

DESCRIPCIÓ DE LA MAQUINÀRIA

2.1. Tipus de màquines

La maquinària descrita a continuació té l'objectiu de transportar de manera horitzontal, vertical o combinant les dues direccions. En alguns casos a part de transportar també pot realitzar altres accions com la de mesclar, filtrar o humidificar.

Es descriuran quatre tipus de màquines. Les dues primeres es basen en el cargol d'Arquímedes inventat al segle III a.c. Això significa que utilitzen el moviment rotatori d'una rosca per a desplaçar linealment un producte. Com es pot veure en la següent imatge entrega un flux constant del material a diferència de les altres dues màquines que el transporten en dosis singulars.

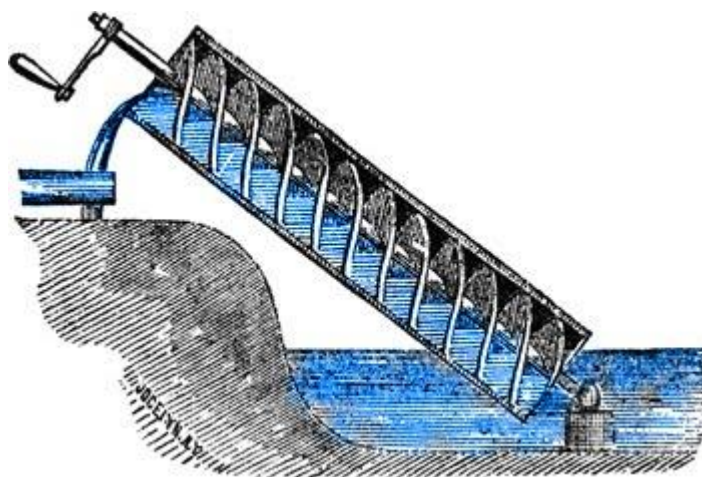


Figura 2.1.1: Cargol d'Arquímedes
(http://es.wikipedia.org/wiki/Tornillo_de_Arqu%C3%ADmedes)

Les altres dues màquines han sigut desenvolupades a partir de l'antiga roda de molí, en la qual s'utilitzava una roda per a fer pujar aigua, aquesta va anar canviant fins a convertir-se en una roda tractora d'una cinta on hi anaven els catúfols, podent augmentar així l'altura de treball.

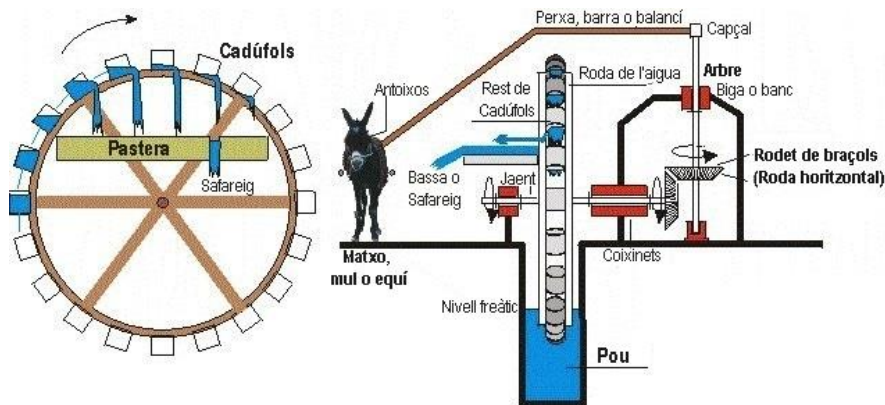


Figura 2.1.2: Molí d'aigua (<http://www.catimenu.com/senia.htm>)

En el cas dels elevadors aquesta cinta porta catúfols i és vertical, mentre que en el cas del redler porta pales i és horitzontal o lleugerament inclinada.

2.1.1.

Transportador tubular

El transportador tubular està compost per un tub exterior, una rosca, el conjunt moto-reductor i altres complements.



Figura 2.1.3: Transportador tubular (Sinfimasa)

Al **tub exterior** se li uneixen les boques, els registres i els aros.

Les boques tenen la funció d'omplir i buidar el transportador, de manera que les seves dimensions van directament relacionades amb les necessitats de transport. Aquestes també han d'estar pensades per a poder ser collades en els seus respectius punts de muntatge. Les boques poden ser de varis tipus, amb aro circular o quadrat i amb la junta amb el tub també circular o quadrat. L'aro depèn del lloc on anirà acoblat i la junta amb el tub depèn del material

a transportar. En alguns casos no s'hi col·loca aro i queda la junta sola, això es degut a que pot ser que vagi col·locat un tub de lona o que expulsi el material sense conducte.



Figura 2.1.4: Boca sense aro (Sinfimasa)

Els registres, a diferència de les boques, la seva única funció és la de poder observar l'interior de la màquina per a poder controlar de manera puntual algun problema eventual o el seu correcte funcionament. Les seves dimensions van directament relacionades amb les del tub on estan situades. En alguns casos s'instal·len registres especials segons les necessitats requerides. Com es pot apreciar, els registres porten una malla protectora per a que no es pugui accedir directament a les parts mòbils si no es retira anteriorment.

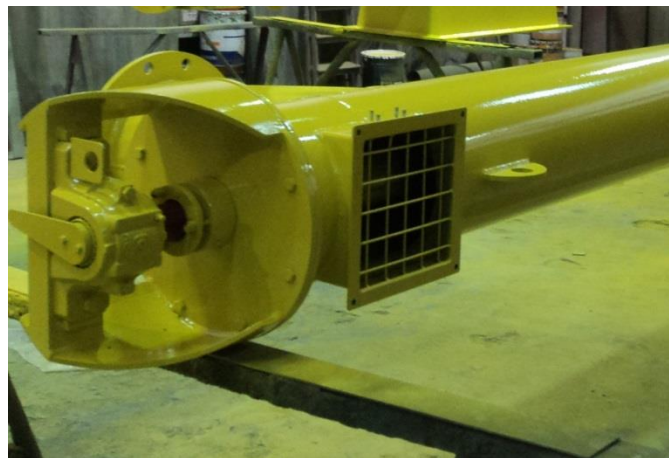


Figura 2.1.5: Registre (Sinfimasa)



Figura 2.1.6: Registre especial (Foto pròpia)

Els aros són els elements que van soldats als extrems del tub exterior i serveixen per collar-hi, posteriorment, la bancada o el biombo que suporta el motor i a l'altre extrem collar-hi el tester del final que té la funció de suportar la rosca mitjançant un coixinet.

Depenent del motor-reductor es col·locarà un biombo o una bancada, ja que la subjecció del moto-reductor serà diferent. En aquest element també hi van col·locades algunes peces molt importants com són els coixinets que subjecten la rosca, aquests van posats sobre una biga de tipus UPN que està soldada al biombo.

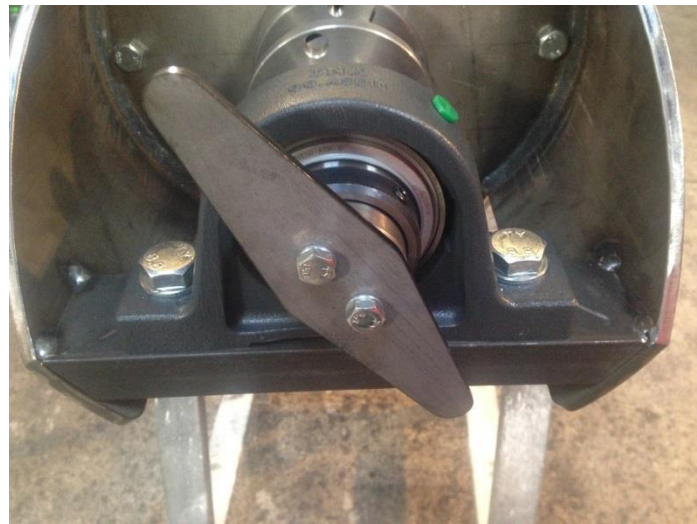


Figura 2.1.7: Coixinet sobre biga (Foto pròpia)

Depenent del producte que transporti la màquina tindrà un aïllament o un altre, el més comú és a través de premsa-estopada que aïlla per fricció l'interior del tub amb l'exterior. En alguns casos s'hi poden afegir casquet de llautó per tal d'evitar el desgast dels eixos. També si es requereix més bon aïllament s'hi pot posar un laberint i/o un retent.

La rosca està feta de tres parts, el tub interior, la rosca en si i els eixos. El tub interior és l'element que suporta la rosca i els eixos i la seva funció junt amb la rosca és transportar el material. En el transport de fangs no és posa tub ja que dificulta el desplaçament del material, en aquest cas l'eix va directament soldat a la rosca. Les mesures d'aquesta depenen del material i del volum a desplaçar.



Figura 2.1.8: Rosques (Sinfimasa)

La rosca és la part que té la funció d'empentar el material per a desplaçar-lo i en algunes ocasions de mesclar els materials. Aquesta pot tenir moltes mides i formes depenent la seva funció (transport, mescla...).



Figura 2.1.9: Rosca mescladora (Sinfimasa)

Les rosques són contínues en tot el tub, podent en alguns casos tenir passos diferents, però a l'extrem on hi ha la boca de sortida s'hi posa una contra-aleta per tal d'evacuar tot el material.



Figura 2.1.10: Contra-aleta (Foto pròpia)

Els eixos són els responsables d'aguantar la rosca dins el tub exterior. El que es troba situat en el motor és l'encarregat també de transmetre el moviment del motor a tota la rosca, en l'extrem és comú posar-hi un detector de moviment directament a l'eix.

Aquests tenen una forma molt ben determinada per tal de que els pinyons, els coixinets i el premsa-estopada encaixin a la perfecció. Als eixos se'ls hi exigeix un acabat H7 per tal d'assegurar que encaixin amb el coixinet i l'acoblament, a la vegada que redueix fregaments amb l'estopada.



Figura 2.1.11: Eixos (Foto pròpia)

El motor-reductor és l'element que dóna la potència necessària per al moviment de la rosca. La seva potència varia depenent de la mida de la màquina i del material que transporta. Aquest va collat a la bancada o al biombo depenent de la màquina. La potència del motor pot ser transmesa a la rosca a través de diverses maneres, d'un acoblament en el cas que el motor comparteixi l'eix de la màquina, d'una cadena per a motors situats paral·lels a l'eix de la màquina o per a engranatges en casos de moto-reductors d'eixos paral·lels.



*Figures 2.1.12 i 2.1.13: Motor-reductor d'engranatges cilíndrics
(Pàgina web SEW) i acoblament
(<http://www.atlanticbearings.co.uk/couplings.htm>)*



Figura 2.1.14: Transmissió per cadena (Sinfimasa)



Figura 2.1.15: Motor-reductor d'eixos paral·lels (Sinfimasa)

2.1.2.

Transportador en canal

El transportador en canal és bàsicament com un transportador tubular amb la diferència que la rosca no està dins d'un tub sinó que està situada en una canal.



Figura 2.1.16: Transportador en canal (Sinfimasa)

Habitualment, les canals s'utilitzen en el transport en horitzontal o amb molt poc desnivell, ja que al no tenir la rosca totalment englobada no pot transportar tant material com un de tubular. Tot i això hi ha casos en que s'utilitzen també en fortes pendents, per solucionar el problema es posen uns retentors soldats a les tapes per a simular un tub i així poder treballar més inclinats i amb una carrega superior.



Figura 2.1.17: Retentor de caudal (Foto pròpia)

L'avantatge principal de les canals és que retirant les tapes és pot observar totalment l'interior, ja que en els transportadors tubulars tant sols és possible observar l'interior a través de les boques i els registres.

En el cas de les canals per a fangs és habitual posar unes peces per tal d'evitar els moviments verticals de la rosca que pot generar el producte.

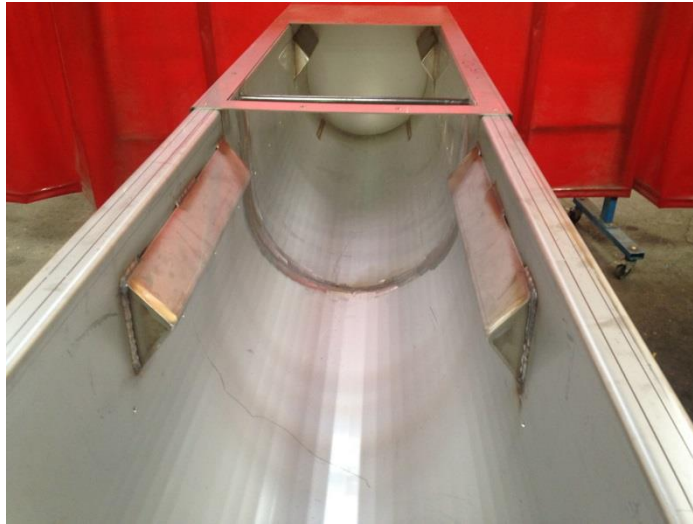


Figura 2.1.18: Canal amb anti-aixecament (Font pròpia)

2.1.3. Elevador de catúfols

Els elevadors de catúfols són màquines totalment diferents a les anteriors descrites. La seva missió fonamental és elevar el producte de manera vertical, essent carregat al peu i descarregant al cap.



Figura 2.1.19: Elevador de catúfols (Sinfimasa)

Estan formats per 5 parts principals: el cap, el peu, les cames, la plataforma de manteniment i la cadena amb els catúfols.



Figura 2.1.20: Elements d'un elevador de catúfols (Sinfimasa)

El cap és la part superior on hi ha col·locat el motor que a través d'una cadena fa girar la politja que a la vegada mou la cadena amb els catúfols. També conté la boca de descàrrega que està totalment integrada en la forma del cap, aquesta part està molt ben estudiada per tal de que a una velocitat determinada i amb material determinat s'evacui de manera eficient. També pot contenir alguna finestra per a observar l'interior i en alguns cassos una boca per a que escapin els gasos.



Figura 2.1.21: Cap (Foto pròpia)

El peu és la part inferior de l'elevador aquest conté l'altra politja que a la vegada fa de tensor. També conté la boca de càrrega des d'on s'omple l'elevador. També conté el tensor de la cadena ja que aquesta ha de treballar en una tensió determinada per al bon funcionament de la màquina.



Figura 2.1.22: Peu (Foto pròpia)

Les cames són les parts que uneixen el cap i el peu, aquestes poden variar en número depenent de l'altura desitjada. La seva única utilitat és la protecció i guia dels catúfols.



Figura 2.1.23: Cames (Foto pròpia)

La plataforma de manteniment va ancorada al cap, és un element necessari per a poder treballar en altura i així fer el manteniment necessari.



Figura 2.1.24: Plataforma de manteniment (Sinfimasa)

La cadena amb catúfols és la part que mou el material des del peu fins el cap. Està composta per a la cadena i els catúfols que poden estar fabricats amb el material de la màquina, acer o acer inoxidable, o poden ser de polímer.

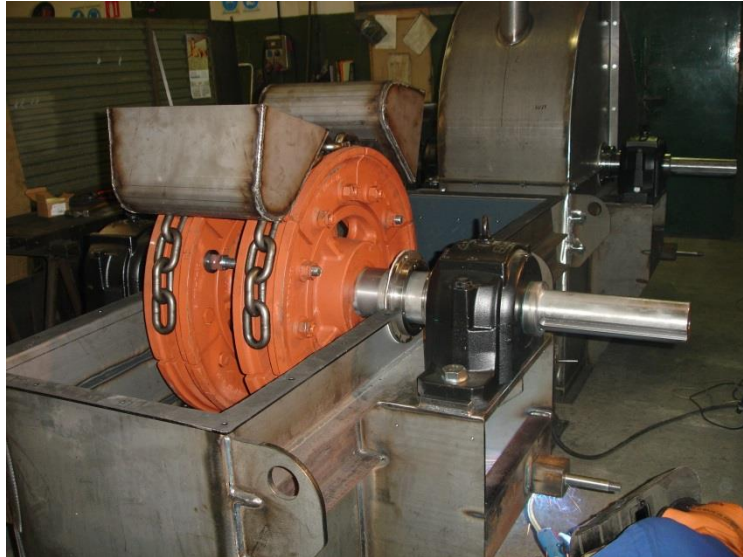


Figura 2.1.25: Catúfols (Sinfimasa)

2.1.4. Transportador de cadena tipus "Redler"

El transportador de cadena s'utilitza principalment per al transport horitzontal, excepte algunes excepcions on també hi ha un transport vertical.

El mètode que utilitza recorda als elevadors, ja que disposa de dues politges on hi van ancorades les pales que arrosseguen el material, però en aquest cas funciona horitzontalment.



Figura 2.1.26: Transportador de cadena (Sinfimasa)

Està compost per **dos extrems**, en un hi ha el motor que transmet la força a la politja motora, i en l'altre extrem hi ha la politja tensora. Entre els dos extrems hi ha **el cos** que és un tub amb unes guies per la cadena amb les pales, aquí hi van situades també les boques d'entrada i de sortida.

Degut a les seves característiques es sol utilitzar en llocs com sota una tolva ja que pot aguantar un gran pes sobre les seves boques que pot treballar igual d'eficaçment.



Figura 2.1.27: Transport vertical (Sinfimasa)

2.2. Material de fabricació

Les màquines es poden fabricar amb acer al carboni o amb acer inoxidable, 304 (A2) o 316 (A4). Depenent de la seva destinació seran d'un o altre material. Per a ús alimentari i farmacèutic sempre s'utilitza acer inoxidable ja que així ho obliga la normativa.

La majoria de màquines estan fabricades en acer al carboni ja que és més barat que l'acer inoxidable.

tipo	COMPOSICION QUIMICA APROXIMADA					CARACTERISTICAS MECANICAS
AISI-304	CR.	NI	C	MN	SI	Estructura: Austenítica
						límite de elasticidad (Kg./mm²): 20
	18-20	8-12	0'08 max.	2'00 max.	1'00 max.	carga de ruptura (Kg./mm²): 55-65
						alargamientos 10 × d (%): 35
						alargamientos 5 × d (%): 45
TRATAMIENTOS TERMICOS						estricción (%): 55
Forja			Recocido			dureza Brinell (recocido): 160
1150°-950° AIRE			1050°-1100° AGUA			dureza Rockwell (recocido): 83

tipo	COMPOSICION QUIMICA APROXIMADA						CARACTERISTICAS MECANICAS
AISI-316	CR.	NI	MO	C	MN	SI	Estructura: Austenítico
							límite de elasticidad (Kg/mm²) : 20
	16-18	10-14	2-3	0'08 max.	2'00 max.	1'00 max.	carga de ruptura (Kg/mm²) : 50-60
	TRATAMIENTOS TERMICOS						alargamiento 10 × d (%) : 35
	Forja			Recocido			alargamiento 5 × d (%) : 45
	1150°-950° AIRE			1050°-1100° AGUA			estricción (%) : 55
							dureza Brinell (recocido) : 150
							dureza Rockwell (recocido) : 80'50

Figura 2.2.1 i 2.2.2: Acer inoxidable 304 i 306 (DVP. Catálogo general de aceros inoxidables)

2.3. Motor-reductors

La marca de motor-reductors que s'utilitza és SEW, degut a la seva eficiència, bon funcionament i ventall de productes.

2.3.1.

Motor-reductors d'engranatges cilíndrics, sèrie R

Aquests motor-reductors son els més utilitzats, com a principals avantatges tenen una alta densitat de potència i una vida útil elevada. Poden acoblar-se a la màquina mitjançant potes o brida.



Figures 2.3.1 i 2.3.2: Motor-reductors d'engranatges cilíndrics amb potes i amb brida (Pàgina web SEW)

Aquesta sèrie comprèn dos motor-reductors per tal d'oferir més diversitat, tant en l'índex de reducció com en el parell de sortida.

Datos técnicos		
Índice de reducción	[i]	1.30 ... 8.65
Par de salida	[Nm]	36 ... 830
Rango de potencia del motor	[kW]	0.12 ... 45

Figura 2.3.3: Dades tècniques per a motor-reductors d'engranatges cilíndrics de una etapa (Pàgina web SEW)

Datos técnicos		
Índice de reducción	[i]	3.21 ... 289.74
Índice de reducción del reductor doble	[i]	90 ... 27001
Par de salida	[Nm]	31 ... 18000
Rango de potencia del motor	[kW]	0.09 ... 160

Figura 2.3.4: Dades tècniques per a motor-reductors d'engranatges cilíndrics de dues o tres etapas (Pàgina web SEW)

2.3.2.

Motor-reductor cilíndric d'eixos paral·lels, sèrie F

Aquest tipus de motor-reductor tenen com a principals avantatges: una alta densitat de potència, grans cargues radials admissibles i reductors dobles per a una baixa velocitat de sortida. Disposa de subjecció per potes o per brida.



Figura 2.3.5: Motor-reductor cilíndric d'eixos paral·lels (Pàgina web SEW)

Datos técnicos		
Índice de reducción	[i]	3.77 ... 281.71
Índice de reducción del reductor doble	[i]	87 ... 31434
Par de salida	[Nm]	87 ... 18000
Rango de potencia del motor	[kW]	0.12 ... 200

Figura 2.3.6: Dades tècniques per a motor-reductor cilíndric d'eixos paral·lels (Pàgina web SEW)

2.4. Transmissions

Les transmissions entre el motor poden ser de diverses formes depenent les necessitats de la màquina, habitualment necessitats d'espai.

2.4.1.

Acoblaments

L'objectiu dels acoblaments és funcionar com a fusibles entre la màquina i el motor, reduint les vibracions que li puguin arribar o fins i tot trencant-se abans que s'espatlli el motor.

Els acoblaments poden ser de diferents tipus, tot i que tots consisteixen en un mateix principi, el d'ajuntar de manera lineal el moviment de l'eix del motor a l'eix de la màquina. Els acoblaments més utilitzats són els elàstics que consisteixen en un cos de ferro colat amb uns tacs de goma de manera que el contacte entre peces és de goma a ferro colat, havent-hi una petita flexibilitat.

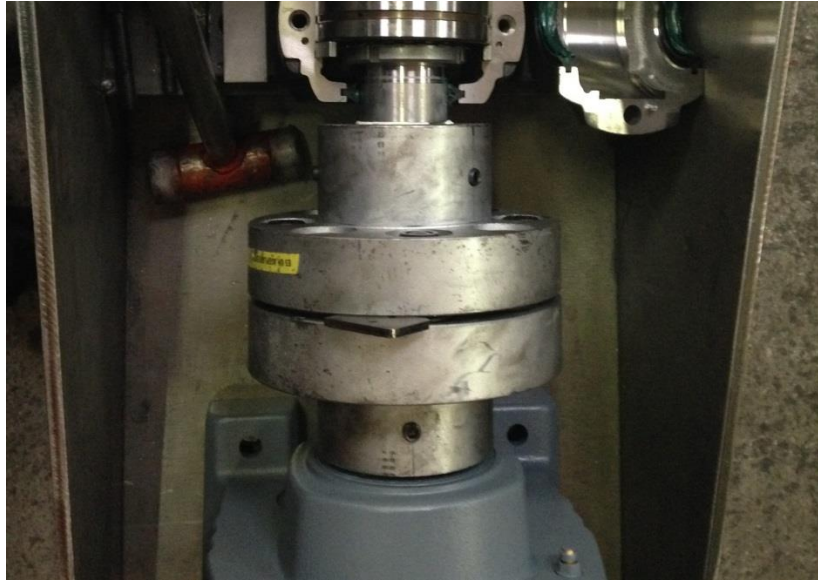


Figura 2.4.1: Acoblament elàstic (Foto pròpia)

També és pot fer un acoblament lineal utilitzant una cadena, col·locant dues rodes dentades una en front de l'altra i amb una cadena doble ajuntar-les.

2.4.2.

Cadena

Un altre sistema per a la transmissió és la cadena, ens permet transmetre el moviment del motor des d'un punt a un altre sense que comparteixin el mateix eix. A la vegada també pot fer la funció de multiplicador variant la mida de les rodes dentades.



Figura 2.4.2: Transmissió per cadena (Sinfimasa)

Depenent de la força que han de transmetre s'utilitzen mesures diferents i fins i tot, cadenes dobles o triples.

Aquest mètode necessita manteniment, que és el d'engreixar la cadena per a evitar que s'assequi i perdi la flexibilitat.

2.4.3.

Transmissió directa

En alguns casos on no és disposa de suficient espai es prescindeix de transmissions secundaries i s'encerta l'eix directament dins el motor. Aquest sistema s'intenta evitar ja que en el cas que hi hagués algun problema dins la màquina seria el motor el que rebria directament la càrrega, per tant la transmissió fa alhora de funció de transmissió i de fusible.



Figura 2.4.3: Transmissió directa (Sinfimasa)

2.5. Aïllaments

L'interior de la maquinària ha d'estar totalment aïllada de l'exterior en els extrems de la màquina, per tal de mantenir els coixinets i l'entorn net. Això habitualment s'aconsegueix amb l'estopada que impedeix el pas del material. Depenent de la inclinació de la màquina i el producte a vegades varia l'aïllament de l'extrem del motor i de l'extrem final, podent a un lloc haver-hi estopada i laberint i a l'altre només estopada. En algunes ocasions s'utilitza un retent, això depèn del material que transporta la màquina.

En alguns casos per a evitar que l'estopada gastí l'eix i llavors haver de canviar l'eix sencer cada cert temps s'opta per a posar una peça de llautó que s'anomena "tub lapejat", que té la funció de gastar-se i llavors cada cert temps canviar el tub lapejat allargant la vida de l'eix.



Figura 2.5.1: Tub lapejat (Foto pròpia)

L'aïllament es basa en 4 trossos d'estopada cargolats al voltant de l'eix i premuts de manera que s'adaptin tant a l'eix com al casquet i així evitar la fuga.



Figura 2.5.2: Estopada (Foto pròpia)



Figura 2.5.3: Premsa-estopada (Foto pròpia)

En algunes màquines on es requereix més estanqueïtat s'afegeix una peça soldada a la rosca que s'anomena laberint, que té la funció de crear una primera obstrucció a l'element abans d'arribar a l'estopada.



Figura 2.5.4: Estopada amb laberint (Foto pròpia)

Hi ha d'altres casos on s'hi posa un **retén**, que és un element fet a partir de polímer amb una molla d'acer que prem el polímer per tal de segellar l'interior, no és tant aïllant com la estopada, però és més senzill el seu muntatge. Aquest aïllament habitualment s'utilitza en màquines que porten coixinet de brida, ja que el reten permet fer la màquina més compacta. El reten va situat en una placa, anomenada *placa reten*.



Figures 2.5.5: Retén (<http://molinarefacciones.com>)

2.6. Coixinets

La funció dels coixinets és la de mantenir la rosca subjecta i donar-li la màxima llibertat de moviment tant de rotació com en alguns casos de translació.

De coixinets se n'utilitzen bàsicament de tres models depenent de la seva col·locació.

2.6.1.

De peu

Aquests s'utilitzen en màquines on disposen d'un suport, habitualment en transportadors tubulars o en canal i al cap dels elevadors.



Figura 2.6.1: Coixinet amb suport de peu (Pàgina web SKF)

2.6.2.

De brida

En alguns transportadors que es vol aconseguir una màquina més compacta s'utilitzen els coixinets de brida ja que queden més reduïts.



Figura 2.6.2: Coixinet amb suport de brida (Pàgina web SKF)

2.6.3.

De tensor

Aquest coixinets tant sols s'utilitzen als peus dels elevador i a la politja tensora dels redles per tal de poder tensar la corretja.



Figura 2.6.3: Coixinet amb suport tensor (Pàgina web SKF)

Per a la fabricació d'aquestes màquines s'utilitzen bàsicament dos marques de coixinets, SKF i INA, ja que són dues de les millors que hi ha al mercat.

2.6.4.

SKF

Els coixinets SKF són robustos i fiables, això els fa tenir un cost per sobre d'altres marques però depenent de l'ús o la qualitat de la màquina són indispensables.



Figura 2.6.4: SKF (Pàgina web SKF)

2.6.5. INA

Els coixinets INA comparativament als SKF són més senzills a la vegada que més econòmics, el qual els fa ser una molt bona opció quan es busca alleugerir costos.



Figura 2.6.5: INA (Pàgina web INA)

2.7. Sensors

2.7.1. Sensors de moviment

Els sensors de moviment van instal·lats a l'extrem de l'eix i la seva funció és detectar que la rosca està girant en tot moment. Estan compostos del detector en si i d'una estrella d'acer que detecta al passar.

2.7.2. Sensors de pressió

El sensor de pressió també se l'anomena "anti-embús" ja que la seva funció és detectar quan hi ha augment de pressió degut a un embús.



Figura 2.7.1: Sensor de pressió (Sinfimasa)

2.7.3.

Sensors de proximitat

Els sensors de proximitat s'utilitzen en dues ocasions, als elevadors es posen dos d'aquests sensors, un a cada banda de la corretja per a detectar desviacions d'aquesta.

Un altra utilitat és en tapes de registre per a detectar que estiguin tancades.



Figura 2.7.2: Detector de proximitat (Foto pròpia)

2.7.4.

Sensors de temperatura

Els sensors de temperatura són molt utilitzats en màquines "ATEX" ja que un augment de temperatura podria resultar fatal.

2.8. Acabats

2.8.1.

Acer al carboni

- Netejat:

El primer pas de tots els acabats és el netejat, aquest és fa fregant la màquina amb un drap impregnat de dissolvent.

- Sorrejat:

Algunes màquines se'ls hi aplica un sorrejat per tal de deixar un acabat més rugós i uniforme el qual permetrà aplicar posteriorment un gruix de pintura superior.

- Pintat:

El pintat és l'acabat final més habitual en les màquines fabricades en acer al carboni, això és per la seva relació entre protecció i cost.

Aquest acabat consta de dues parts, la imprimació que pot ser epòxid, la qual dóna una protecció superior o una imprimació normal. Quan aquesta primera capa està seca s'aplica l'esmalt, que determinarà el color final i serà el principal protector contra els agents externs. L'esmalt també pot ser de dos tipus, el corrent i el de poliuretà, que dona una protecció superior a l'esmalt corrent.

- Galvanitzat:

El galvanitzat és un procés electroquímic que es basa en recobrir la superfície de l'acer amb un altre material per tal de dotar-lo d'una protecció superior a la pintura.

El galvanitzat més comú és el zincat, és recobreix la màquina amb zinc el qual no varia el gruix exterior.

Un altre material comú de galvanitzat és l'estany, aquest fa una capa apreciable sobre l'acer, variant una mica el gruix de la màquina però aportant una protecció superior al zinc.

2.8.2.

Acer inoxidable

- Netejat:

El procés de netejat de l'acer inoxidable és una mica diferent al de l'acer al carboni ja que aquest pot ser un acabat final, sense la necessitat de qualsevol altre tractament degut a les característiques intrínseques del material. Existeixen dues formes de fer el netejat, mitjançant productes químics, amb el dissolvent o mecànicament.



Figura 2.8.1: Acabat superficial, netejat (<http://prenitor-inox.es/tipos-de-acabados-del-acer-inoxidable/>)

- Sorrejat:

El sorrejat en acer inoxidable es fa utilitzant boles de vidre, les quals impacten l'acer donant-li una textura homogènia a tota la màquina. Aquest acabat és un dels més utilitzats ja que deixa la màquina molt ben acabada i no és molt costós.



Figura 2.8.2: Acabat superficial, sorrejat (<http://prenitor-inox.es/tipos-de-acabados-del-acer-inoxidable/>)

- Lacats o pintats:

Després d'aplicar el sorrejat, un procés habitual és el lacat ja que aquest acaba d'aïllar el material de l'exterior per tal de que no s'hi posin impureses.

El pintat, té la mateixa funció que el lacat però sumant el tema estètic ja que amb la pintura es pot triar el color final.

- Polit mirall:

Aquest acabat només s'aplica a les parts on hi circula el material. S'utilitza habitualment en maquinària de la indústria alimentària i farmacèutica per tal que no es contaminin els productes.

2.9. Subcategories

Les diferents màquines poden estar fabricades per a situacions específiques, com els casos exposats a continuació.

2.9.1. ATEX

ATEX són les sigles en francès de “**AT**mosphères **EX**plosives”. Aquesta directiva aplicada a la Unió Europea descriu el tipus d'equipament i ambient que es permès en el treball d'atmosferes explosives.



Figura 2.9.1: Símbol ATEX (http://en.wikipedia.org/wiki/ATEX_directive)

En el nostre cas al ser fabricants, la directiva a tenir en compte és la 94/9/EC.

2.9.2.

Alimentari / Farmacèutic

En aquests camps no hi ha cap normativa específica, però hi ha un seguit de punts que sempre és compleixen.

Sempre s'utilitza l'acer inoxidable, ja que al no oxidar-se no contamina el producte.

En el cas d'alimentari s'utilitzen una seria de components, com pot ser la massilla dels testers que és innòcua per al consum humà, per si es produís una mescla involuntària.

S'utilitzen acabats com el polit mirall per a evitar la contaminació.

2.9.3.

Transports de fangs

Per a transports de materials fangosos s'utilitzen rosques sense nucli, és a dir, sense tub dins la rosca. Això facilita el moviment del fang i evita el taponament.



Figura 2.9.2: Rosca per a fangs (Sinfimasa)

2.9.4.

Temperatura

Algunes màquines porten materials que estan a una elevada temperatura, això comporta que alguns elements són modificats o canviats.

- **Greix coixinets:** Aquest greix s'ha de canviar per un amb característiques diferents que aguantin les elevades temperatures.

- **Silicona testers:** Habitualment s'utilitza massilla però en el cas d'elevades temperatures es posa una silicona resistent a temperatures elevades.
- **Junta tapes:** La junta de les tapes també es substituïda per una altra resistent a les altes temperatures.
- **Folgança:** Degut a la temperatura la rosca es dilata, això comporta que es donin unes folgances als extrems per tal de que la rosca tingui espai per aquesta dilatació.
- **Coixinets:** Els coixinets utilitzats en màquines preparades per a altes temperatures hi ha una distància superior entre les boles i la pista de rodament, per tal que al augmentar de mida l'eix no pressioni les boles en excés.
- **Coixinets:** En algunes ocasions que la rosca és molt llarga al coixinet final s'hi posa un casquet de bronze a la part del coixinet per tal de permetre grans desplaçaments de l'eix (2-3 cm).
- **Estopades:** L'estopada utilitzada en aquestes màquina té unes característiques diferents a la utilitzada normalment.

2.10. Directives

Algunes directives utilitzades en la fabricació d'aquestes màquines són:

- UNE 58-224-88. *Aparells de manutenció contínua per a granel. Transportadors de cargol sens fi. Regles per al disseny dels accionaments.*
- UNE 58-207-89. *Aparells de manutenció contínua per a granel. Transportadors de cargol sens fi.*
- UNE 349:1994. *Seguretat de les màquines. Distàncies mínimes per a evitar l'aixafament de parts del cos humà.*
- DIN 6885. *Dimensions xavetes.*
- 94/9/CE. *Aparells i sistemes de protecció per a ús en atmosferes potencialment explosives.*
- ISO 281. *Coixinets*
- UNE EN 22768. *Toleràncies*

CAPITOL 3: PROCÉS DE SELECCIÓ DE LA MAQUINÀRIA

3.1. Requisits

Per a determinar quina màquina escollir es necessiten bàsicament tres informacions, el material a transportar, el caudal i el desplaçament.

3.1.1.

Material a transportar

Aquest punt és molt important ja que els materials tenen comportaments molt diferents entre ells i això pot fer descartar alguns tipus de màquines degut a les característiques del material.

Les característiques principals que és requereixen són: la densitat, la humitat, la granulometria, l'abrasió i el seu comportament.

3.1.2.

Caudal

El caudal és el determinant de les mesures de la màquina. S'ha d'expressar el caudal en volum dividit per temps ja que els càlculs són realitzats per volum i no per massa. Si el caudal està expressat en massa dividit per unitat de temps s'ha de transformar utilitzant la densitat del producte.

3.1.3.

Desplaçament

El desplaçament del material a transportar determina la màquina a tractar i la velocitat de treball.

Depenent de quins són els requisits de transport hi ha màquines que ja perd el sentit escollir-les.

3.2. Selecció de l'ídoni

3.2.1.

Transportador tubular

- Avantatges:
 - Gran diversitat d'inclinació, des de 0º (horitzontal) fins a 90º (vertical).
 - Gran capacitat, ja que pot transportar pràcticament el 100% de caudal teòric.
 - El més econòmic de les 4 màquines tractades.
 - Possibilitat de posar varies boques tant d'entrada com de sortida.
- Desavantatges:
 - Impossibilitat d'accedir a l'interior.
 - Longitud compacta

3.2.2.

Transportador en canal

- Avantatges:
 - Possibilitat d'accedir a l'interior.
 - Possibilitat de posar varies boques tant d'entrada com de sortida.
- Desavantatges:
 - Transports amb poca inclinació.

3.2.3.

Elevador

- Avantatges:
 - Transports verticals de gran capacitat.
 - Requeriment inferior de potència per el mateix caudal que un transportador tubular o en canal.
- Desavantatges:
 - Cost econòmic, comparat amb les altres 3 màquines tractades.
 - Només un punt de carrega i de descarrega.

3.2.4.

Transportador en cadena tipus "Redler"

- Avantatges:
 - Capacitat de càrrega en un tram relativament llarg.
 - Recepció de tolves, ja que aguanta molt de pes sobre l'entrada.
 - Possibilitat de posar varies boques tant d'entrada com de sortida.
 - Capacitat de transport a grans distàncies.
- Desavantatges:
 - Molt poca capacitat en el transport vertical.

CAPITOL 4: CAS PRÀCTIC

4.1. Recepció de la informació per part del client

El més habitual és que el client subministri un caudal, un material o les seves característiques i les dimensions generals de la màquina.

En aquest cas el client demana una màquina mescladora i humidificadora per a dos materials que són l'arena i el ciment, al mesclar-se i afegir-hi aigua aquesta mescla es converteix en morter.

El client també subministra les mides generals, distàncies entre boques i mides de les boques.

Es demana també que la màquina mantingui un caudal de $9\text{m}^3/\text{h} = 20\text{tn}/\text{h}$

4.2. Proposta de disseny

En la proposta de disseny s'envia un planell on ja hi ha pràcticament totes les mesures definides.

La nomenclatura utilitzada és la emprada en la norma *UNE 58-224-88*, la majoria de càlculs i dades són extretes també de la mateixa normativa.

4.2.1.

Diàmetre rosca (D)

Un aspecte clau és el diàmetre de la rosca, aquest es defineix amb l'observació de màquines realitzades anteriorment amb característiques semblants. En aquest cas s'opta per a

$$D = 0,3\text{ m}$$

4.2.2.

Pas (S)

En aquesta ocasió es defineix un pas igual al diàmetre per a facilitar la mescla dels materials.

$$S = D = 0,3 \text{ m}$$

4.2.3.

Secció de treball del transportador (A)

Per al càlcul de la secció de treball s'utilitza la següent formula:

$$A = \phi D^2 \frac{\pi}{4} \quad (1)$$

D'on ϕ = Coeficient d'omplert

En aquest cas s'ha de restar l'àrea foradada de les aletes resultant la següent formula:

$$A = \phi D^2 \frac{\pi}{4} - 6ba \quad (2)$$

On

ϕ és el coeficient d'omplert (0,3)

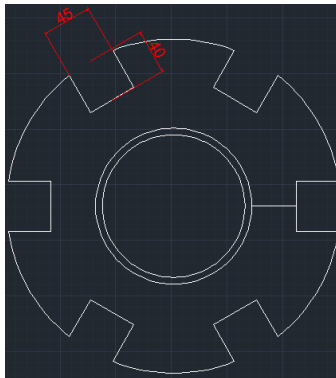


Figura 4.2.1: Secció rosca (Captura de pantalla, Autocad)

Per tant l'àrea de treball és:

$$A = 0,3 \cdot 0,3^2 \frac{\pi}{4} - 6 \cdot 0,045 \cdot 0,04$$

$$A = 0,0599 \text{ m}^2$$

4.2.4.

Coeficient d'omplert (φ)

A l'apartat numero 5 de la normativa *UNE 58-224-88* podem veure que en el cas de materials amb propietats abrasives mitges amb mesures que varien de grans a terrosos el coeficient d'omplert és:

$$\varphi = 0,3$$

4.2.5.

Potència necessària (P)

Aquesta potència es calcula utilitzant una fórmula que té en compte la potència necessària per al desplaçament del material, la potència per l'accionament del cargol en buit i la potència per la inclinació.

$$P = P_H + P_N + P_{St} \quad (3)$$

On

P_H és la potència necessària per al desplaçament del material;

P_N és la potència per l'accionament del cargol en buit;

P_{St} és la potència requerida per la inclinació.

4.2.6.

Potència desplaçament material (P_H)

Per al càlcul d'aquesta potència és necessita el caudal de material en tn/h, en cas de que el client no subministres aquesta dada es calcularia amb la següent fórmula:

$$I_M = \rho I_V \quad (4)$$

On

I_M és el caudal de material expressat en tn/h;

ρ és la densitat del material;

I_V és el caudal volumètric.

En aquest cas el client subministra un caudal de

$$I_M = 20 \text{ tn/h}$$

Utilitzant la formula

$$P_H = \frac{I_M L}{3600} \lambda g = \frac{I_M L}{367} \lambda \quad (5)$$

On

L és la longitud del transportador;

λ és el coeficient de resistència al desplaçament.

$$P_H = \frac{20 \cdot 4}{367} 3 = 0,65 \text{ KW}$$

4.2.7.

Coeficient de resistència al desplaçament (λ)

Aquest coeficient és empíric, i s'ha extret de l'annex de la normativa UNE 58-224-88.

Taula 4.2.1: Coeficient de resistència al desplaçament (UNE 58-224-88)

Materials	Densitat en t/m ³	Coeficient de resistència al desplaçament
	ρ	λ
Morter	1,8 a 2,1	3

4.2.8.

Potència accionament en buit (P_N)

Es calcula utilitzant la següent expressió:

$$P = \frac{DL}{20} \quad (6)$$

$$P = \frac{0,3 \cdot 4}{20} = 0,06 \text{ KW}$$

4.2.9.

Potència per la inclinació (P_{St})

En aquest cas com que la màquina és horitzontal aquesta potència és igual a 0.

$$P_{St} = \frac{I_M H g}{3600} \quad (7)$$

On

H és l'altura

Per tant H és igual a 0 i la potència resultant és 0 KW

4.2.10.

Potència necessària 2 (P)

Recuperant l'equació de la potència ja podem substituir els valors

$$P = P_H + P_N + P_{St} \quad (8)$$

$$P = 0,65 + 0,06 + 0 = 0,71 \text{ KW}$$

Degut a que aquesta potència no té en compte les pèrdues per a transmissió s'escull un motor sobredimensionat. Per potència, el motor just que es podria escollir és d'1,1KW, però per a un correcte funcionament és tria un motor més potent, saltant el de 2 i 3 KW per a quedar-nos amb el SEW DRE132 S4 amb una potència de **4 KW** amb el reductor R87. Això també permetrà que en el cas que pogués entrar alguna partícula de mida superior a l'esperat el motor pugui suplir la demanda de potència.

4.2.11.

Velocitat de rotació (n)

Per a calcular la velocitat s'utilitza l'expressió habitual del càlcul del caudal volumètric:

$$I_V = 60\varphi \frac{\pi}{4} D^2 S n \quad (9)$$

Aïllant la n

$$n = \frac{4I_V}{60\varphi\pi D^2 S} \quad (10)$$

S'ha de recordar que al utilitzar una rosca mescladora la secció de treball queda reduïda, per tant,

$$n = \frac{I_V}{60\varphi S} * \left(\frac{\pi D^2}{4} - 6ba \right)^{-1} \quad (11)$$

$$n = \frac{9}{60 \cdot 0,3 \cdot 0,3} * \left(\frac{\pi 0,3^2}{4} - 6 \cdot 0,045 \cdot 0,04 \right)^{-1} = 27,8 \text{ rpm}$$

Sobre aquesta velocitat s'aplica un coeficient de pèrdues degut a les folgances de 5/4.

$$n_r = \frac{5}{4}n = 35rpm \quad (12)$$

4.2.12.

Filtres aspersors

S'utilitzen uns filtres aspersors de 3/8 que ruixen a 90º, escollits pel client.



Figura 4.2.2: Filtre aspersor (Internet)

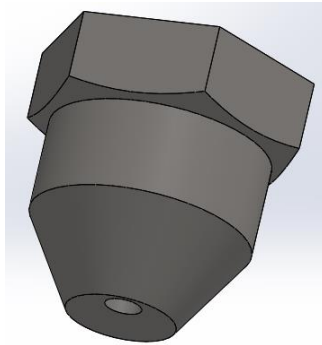


Figura 4.2.3: Filtre aspersor (SolidWorks)

Un cop ja s'han definit tots els paràmetres que puguin ser rellevants en l'interès del client i aquest hagi aprovat els plànols, és el moment de definir altres parts més pròpies del disseny per a l'assemblatge.

4.2.13.

Eixos

Per a calcular el diàmetre mínim dels eixos s'utilitza la potència requerida.

Primer és calcula el parell motor (M_T) que s'exerceix a l'extrem de l'eix.

$$n = 3,67 \text{ rad/s}$$

$$P = M_T \cdot n \quad (13)$$

$$M_T = \frac{P}{n} = \frac{4000}{3,67} \quad (14)$$

$$M_T = 1090 \text{ Nm}$$

El pes de la rosca també s'ha de tenir en compte per a fer l'anàlisi. Utilitzant el programa *SolidWorks* s'ha calculat la massa total entre uns hipotètics eixos i la rosca, donant una massa total de 173kg. A partir d'aquest pes, i coneixent la mida podem determinar la carrega distribuïda (Q).

$$Q = \frac{\text{Massa}}{\text{Longitud}} g = \frac{173}{5,224} 9,81 \quad (15)$$

$$Q = 324 \text{ N/m}$$

Tenint aquestes dades ja podem fer l'esquema per a l'anàlisi.

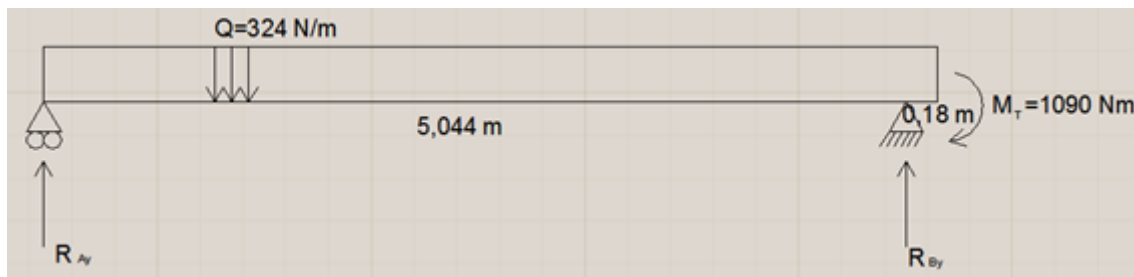


Figura 4.2.3: Esquema anàlisi (Autocad)

Sabent que el sumatori de forces verticals a de ser 0,

$$\sum F_V = R_A + R_B - Q = 0 \quad (16)$$

$$R_A + R_B = Q$$

$$R_A + R_B = 325 \cdot 5,224 = 1693 \text{ N}$$

I el sumatori dels moment respecte A també és 0,

$$\sum M_A = 0 \quad (17)$$

$$1693 \cdot 2,612 - R_B \cdot 5,044 = 0$$

D'aquestes dues equacions podem determinar el valor de R_A i R_B ,

$$R_B = 877 \text{ N}$$

$$R_A = 816 \text{ N}$$

Amb aquest resultats ja tenim l'esforç tallant de la barra,

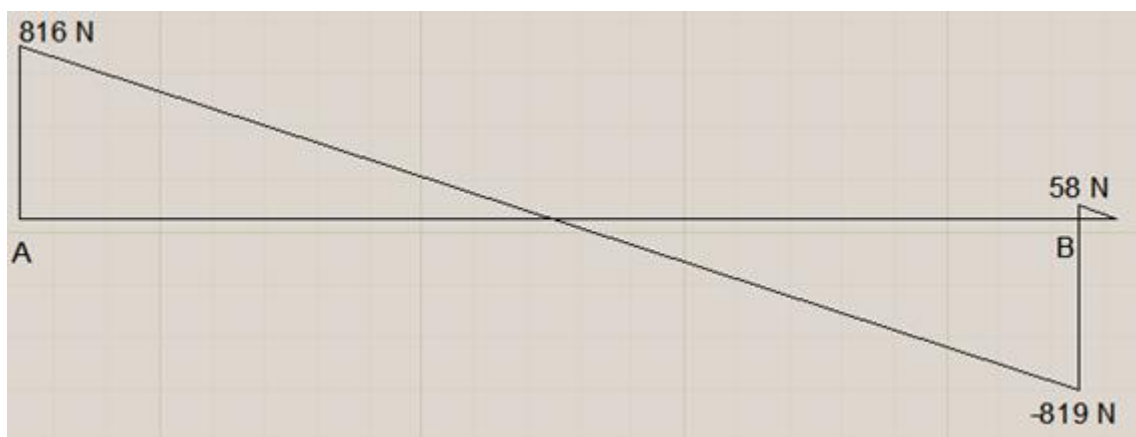


Figura 4.2.4: Esforç tallant (Autocad)

El moment flector

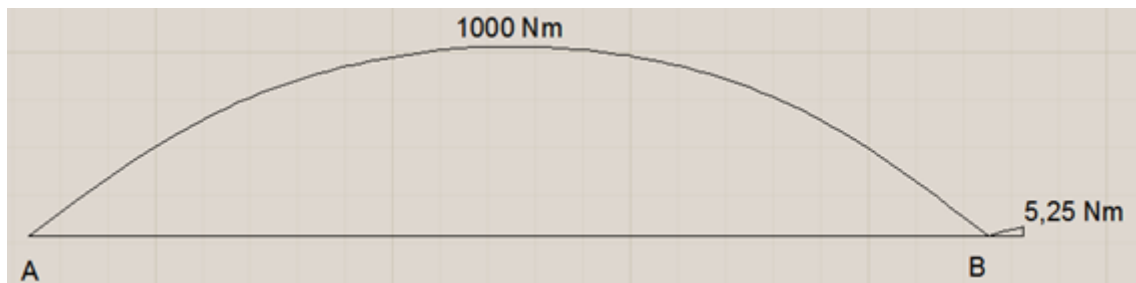


Figura 4.2.5: Moment flector (Autocad)

El moment torçor

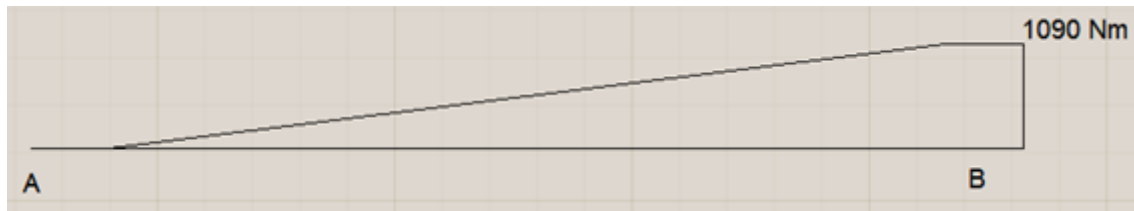


Figura 4.2.6: Moment torçor (Autocad)

El diàmetre mínim de l'eix es determina mitjançant la següent equació,

$$d_{min} = \left[\frac{32\rho}{\pi S_y} (M_f^2 + M_T^2)^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (18)$$

On

ρ és el factor de seguretat, en aquest cas 2

S_y és la resistència de fluència de l'acer al carboni 283 MPa

M_f és el moment flector

M_T és el moment torçó

$$d_{min} = \left[\frac{32 \cdot 2}{\pi \cdot 283 \cdot 10^6} (5,25^2 + 1090^2)^{\frac{1}{2}} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$d_{min} = 0,043 \text{ m} = 43 \text{ mm}$$

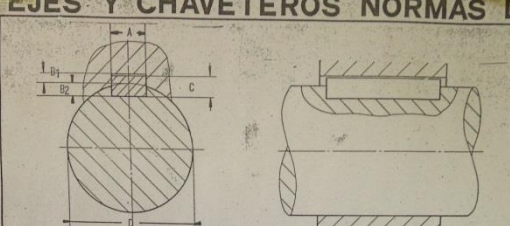
Com que la força principal és el moment torçor no cal comprovar la resistència a fatiga, ja que els cicles de càrrega a torsió són molt baixos degut a que només succeeixen en el moment de posar la màquina en marxa, quan està treballant sempre te un moment torçor constant.

Per la mida de 43mm li correspondria una xaveta de profunditat 8mm, això comporta una reducció del diàmetre i per tant de la seva resistència. Per això es suma aquesta profunditat (8mm) a l'eix, donant un eix final de 51mm.

Per evitar qualsevol problema s'escull un diàmetre de 55 mm.

Per a un diàmetre d'aquesta mida segons la norma DIN 6885 correspon una xaveta de 16 x 6 mm.

EJES Y CHAVETEROS NORMAS DIN



Dimensiones y tolerancias de chaveteros según DIN 6885 hojas 1 y 3

Desde hasta Ø	Chaveteros según DIN 6885 hoja 1				Chaveteros según DIN 6885 hoja 3			
	A	C	B ₂	B ₁	A	C	B ₂	B ₁
2 ± 0.015	2	1.2 + 0.1	1	+ 0.1				
3 ± 0.015	3	1.8 + 0.1	1.4	+ 0.1				
4 ± 0.015	4	2.5 + 0.1	1.9	+ 0.1				
5 ± 0.015	5	3 + 0.1	2.3 + 0.1		5 ± 0.015	3	1.9 + 0.1	1.2 + 0.1
6 ± 0.015	6	3.5 + 0.1	2.8 + 0.1		6 ± 0.015	4	2.5 + 0.1	1.8 + 0.1
8 ± 0.015	7	4 + 0.2	3.3 + 0.2		8 ± 0.015	5	3.1 + 0.1	2 + 0.1
10 ± 0.015	8	5 + 0.2	3.3 + 0.2		10 ± 0.015	6	3.7 + 0.2	2.4 + 0.1
12 ± 0.022	9	5.5 + 0.2	3.9 + 0.2		12 ± 0.022	6	3.9 + 0.2	2.2 + 0.1
14 ± 0.022	9	5.5 + 0.2	3.9 + 0.2		14 ± 0.022	6	4 + 0.2	2.1 + 0.1
16 ± 0.022	10	6 + 0.2	4.3 + 0.2		16 ± 0.022	7	4.7 + 0.2	2.4 + 0.1
18 ± 0.022	11	7 + 0.2	4.4 + 0.2		18 ± 0.022	7	4.8 + 0.2	2.3 + 0.1
20 ± 0.026	12	7.5 + 0.2	4.9 + 0.2		20 ± 0.026	8	5.4 + 0.2	2.7 + 0.1
22 ± 0.026	14	9 + 0.2	5.4 + 0.2		22 ± 0.026	9	6 + 0.2	3.1 + 0.2
25 ± 0.026	14	9 + 0.2	5.4 + 0.2		25 ± 0.026	9	6.2 + 0.2	2.9 + 0.2
28 ± 0.026	16	10 + 0.2	6.4 + 0.2		28 ± 0.026	10	6.9 + 0.2	3.2 + 0.2
32 ± 0.031	18	11 + 0.2	7.4 + 0.2		32 ± 0.031	11	7.5 + 0.2	3.5 + 0.2
36 ± 0.031	20	12 + 0.3	8.4 + 0.3		36 ± 0.031	12	8.3 + 0.2	3.8 + 0.2

Figura 4.2.7: Xavetes (Foto pròpia)

Per a la definició de l'eix es dibuixa l'extrem i el motor amb totes les distàncies entre els elements, un cop es té això tant sols s'ha de posar l'eix. En aquesta màquina s'opta per a posar tub lapejat als dos eixos, laberint en el més proper a les boques de carrega, ja que al motor és molt difícil que hi arribi material al haver la boca de descàrrega abans. Coixinets SKF de 60mm. I un acoblament tipo-57.

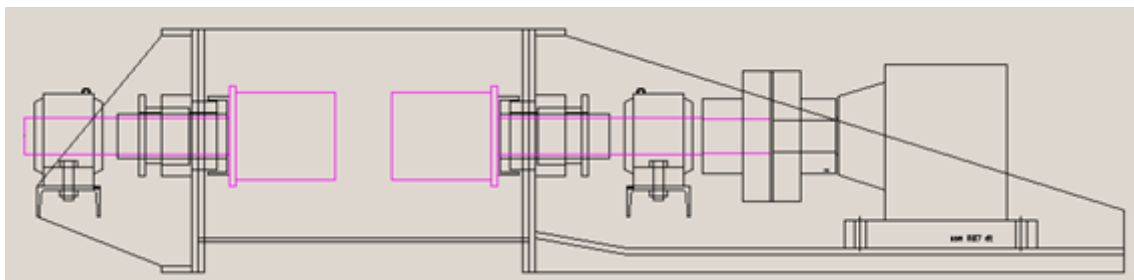


Figura 4.2.8: Eixos (Autocad)

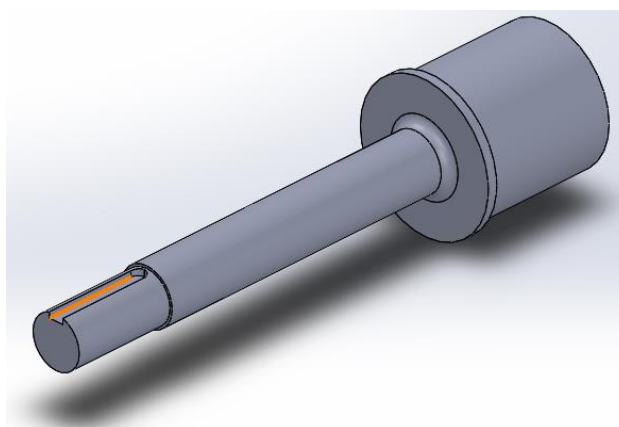


Figura 4.2.9: Eix motor (SolidWorks)

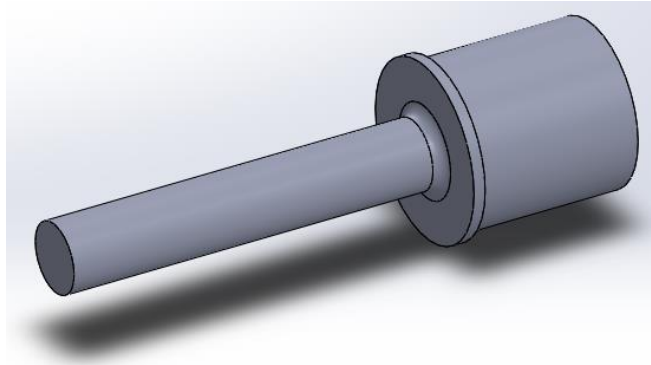


Figura 4.2.10: Eix extrem (SolidWorks)

4.3. Desglossament de la màquina

En aquest punt es separen totes les peces base de la màquina per tal de poder comprar tot el necessari.

4.3.1.

Acer

Per a demanar l'acer s'han de comptar els desplegaments de les boques, de la canal, de les tapes i de la rosca.

El programa que s'utilitza per a dibuixar els planells i calcular desplegaments és l'*Autocad*. Un cop es tenen totes les peces definides es demanen a una empresa externa per a que les talli amb làser.

4.3.2.

Canal

La canal es construeix utilitzant una plegadora, per tant s'ha de fer el desplegament pensant en això, ja que si es fes utilitzant un rodets podria variar lleugerament.

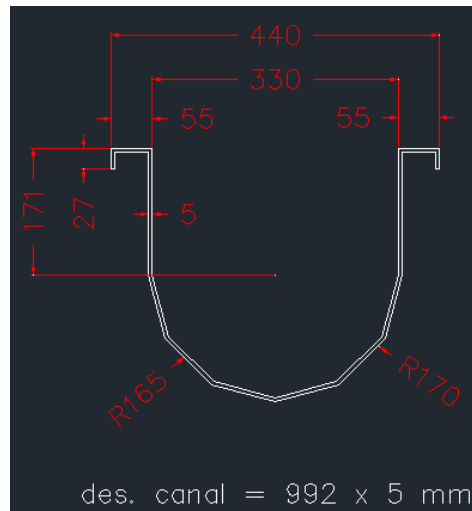


Figura 4.3.1: Perfil canal (Autocad)

Com que el desplegament és inferior a un metre es poden utilitzar les xapes normalitzades de 2x1m així que es necessiten 3 xapes.

4.3.3.

Registres

Els registres es fabriquen de dues maneres depenent on vagin col·locats, si en una superfície plana o en una corba. En aquesta màquina n'hi ha els dos tipus així que se'n demana un de cada.

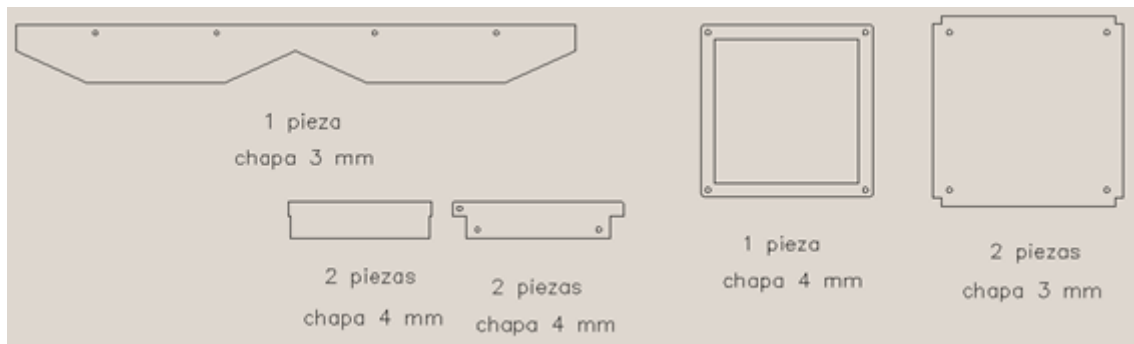


Figura 4.3.2: Registres (Autocad)

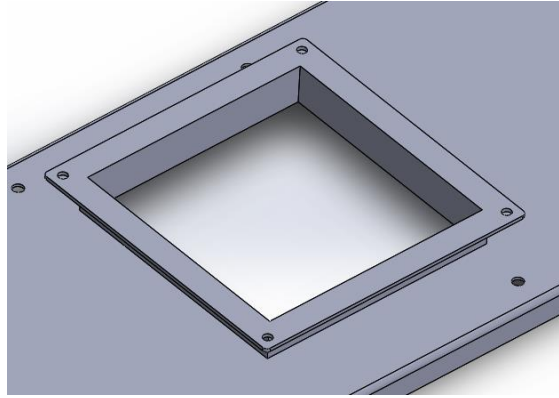


Figura 4.3.3: Registre (SolidWorks)

4.3.4. Tapes

Les tapes es dibuixen de tal manera que siguin fàcils i intuïtives de doblegar. S'utilitza el color groc per a senyalar amb làser sense foradar. També es fan petites entrades on hi ha dos doblecs per a facilitar l'operació.

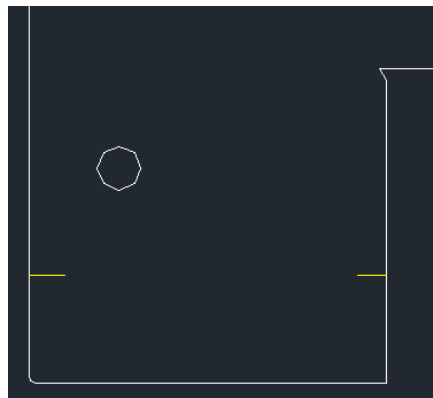


Figura 4.3.4: Detall (Autocad)

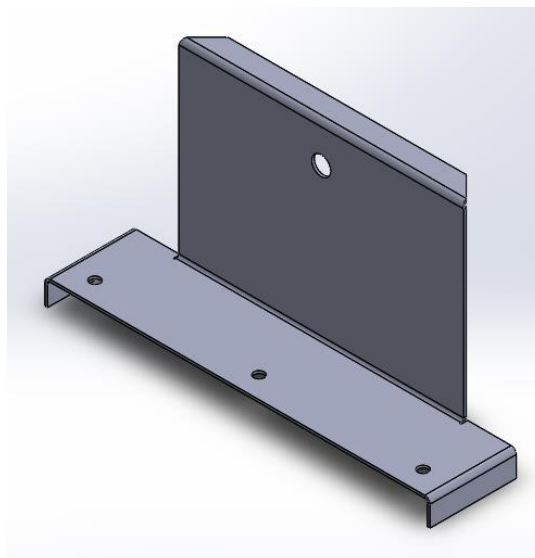


Figura 4.3.5: Tapa (SolidWorks)

4.3.5.

Boques

Les boques es divideixen en dues parts, la brida i el tub. La brida la defineix el client, ja que ha d'encaixar en altres màquines. De tubs en aquest cas n'hi ha de 3 tipus, el rodó s'utilitzarà un tub tallat, el quadrat 4 xapes soldades entre elles i el de descarrega una xapa doblada i soldada.

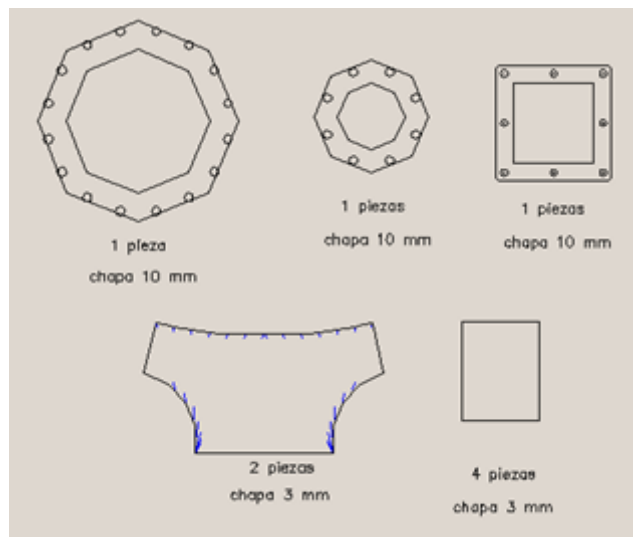


Figura 4.3.6: Boques (Autocad)

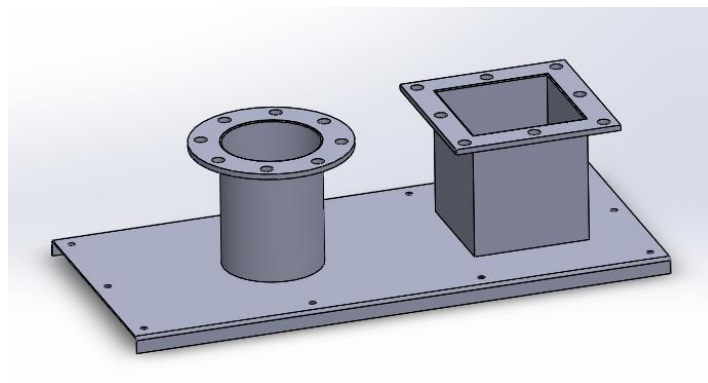
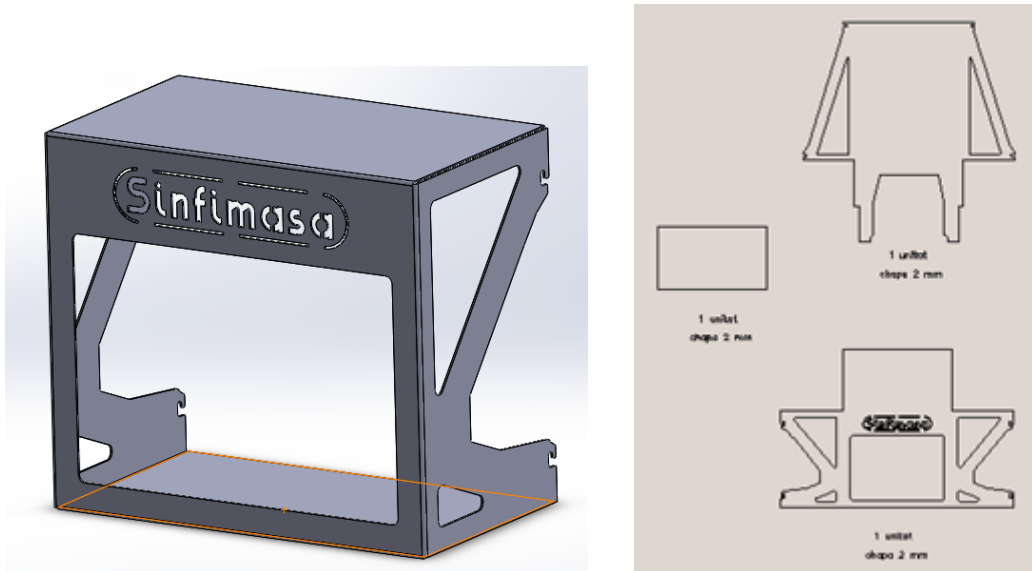


Figura 4.3.7: Boques (SolidWorks)

4.3.6.

Protectors

Els protectors es dibuixen de tal manera que només s'han de doblegar, soldar i posar-hi la xapa perforada.



Figures 4.3.8 i 4.3.9: Protectors (SolidWorks i Autocad)

4.3.7.

Testers

El tester de l'extrem i la bancada motor es demanen a peces i després es solden deixant les mides molt bé per tal que els coixinets i el motor es posin perfectament.

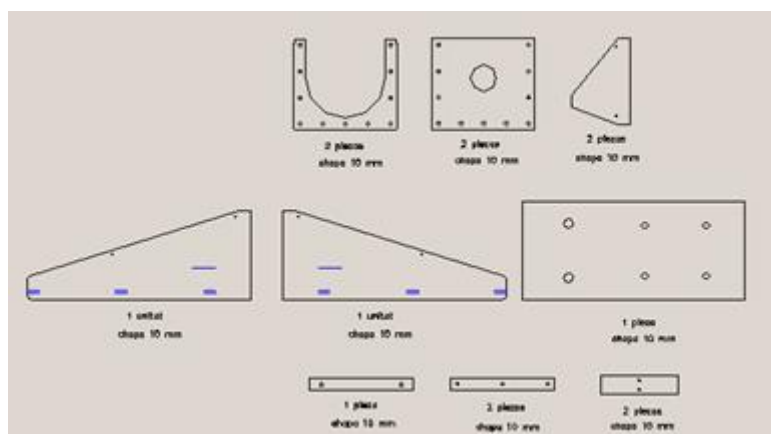


Figura 4.3.10: Testers (Autocad)

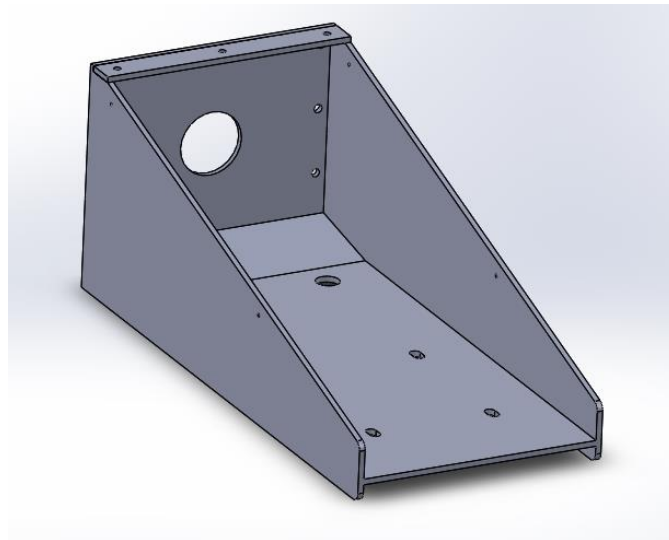


Figura 4.3.11: Bancada motor (SolidWorks)

4.3.8.

Aletes

Aquest és un aspecte que s'ha de tenir en especial deteniment ja que ha de tenir unes mides molt específiques per tal de que encaixi perfectament al tub.

De dades conegudes tenim,

Ala de l'aleta, $W_r = 80\text{mm}$

Diàmetre del tub, $d = 140\text{mm}$

Diàmetre aleta exterior, $D = 300\text{mm}$

Pas de la rosca, $S = 300$

Utilitzant trigonometria es calcula el desenvolupament intern (B) i extern (A).

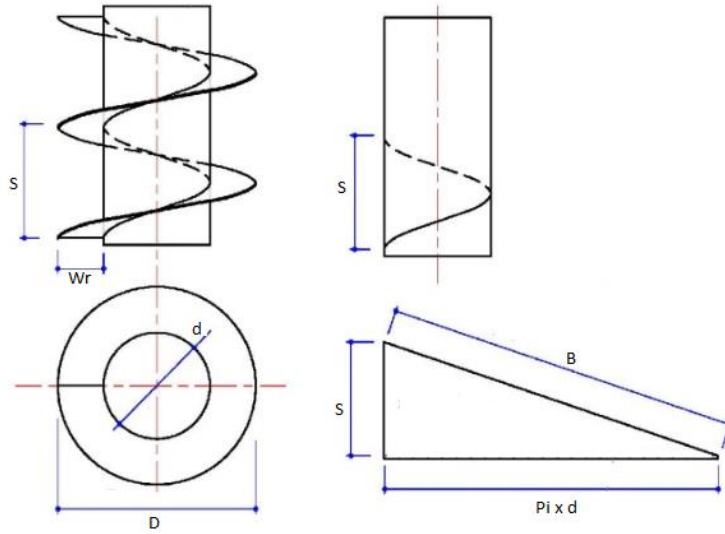


Figura 4.3.12: Vistes aleta (Font pròpia)

$$B = \sqrt{S^2 + (\pi d)^2} \quad (19)$$

$$B = \sqrt{300^2 + (\pi 140)^2}$$

$$B = 532,4 \text{ mm}$$

$$A = \sqrt{S^2 + (\pi D)^2} \quad (20)$$

$$A = \sqrt{300^2 + (\pi 300)^2}$$

$$A = 989,1 \text{ mm}$$

Un cop es tenen aquestes dades ja es pot calcular el radi intern (r'), extern (R') i l'angle de tall (A°).

$$r' = \frac{B W_r}{A - B} \quad (21)$$

$$r' = \frac{532,4 \cdot 80}{989,1 - 532,4}$$

$$r' = 93,26 \text{ mm}$$

$$R' = r' + W_r \quad (22)$$

$$R' = 93,26 + 80$$

$$R' = 173,26$$

$$A^\circ = 360 - \frac{180 A}{\pi R'} \quad (23)$$

$$A^\circ = 360 - \frac{180 \cdot 989,1}{\pi 173,26}$$

$$A^\circ = 32,91^\circ$$

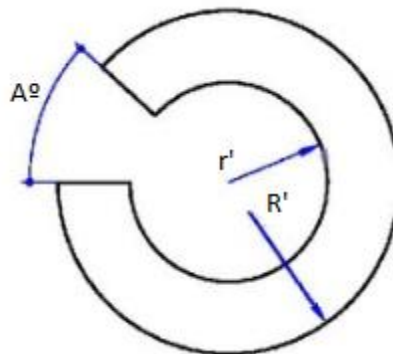


Figura 4.3.13: Aleta (Font pròpia)

Com es pot veure les mesures de l'aleta són molt diferents a les de la vista en alçat, això és degut a que al convertir la peça de 2D a 3D pateix deformacions.

4.3.9.

Prensa-estopes

Els prensa-estopes tenen unes mides normalitzades, per tant sabent el diàmetre interior les altres ja venen determinades.

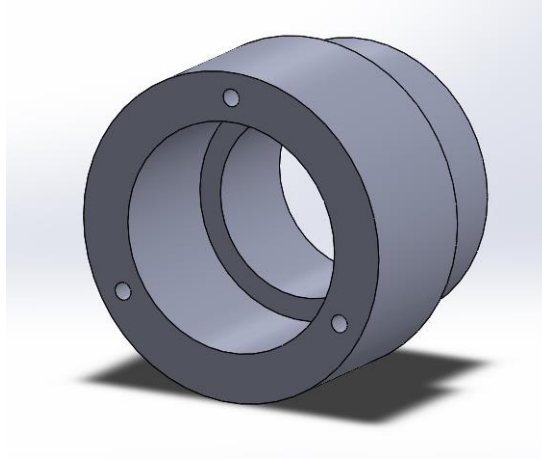


Figura 4.3.14: Prensa-estopa (SolidWorks)

4.4. Compra material

Es podrien definir dues categories de materials, els materials que hi ha en estoc i els materials específics per màquina.

4.4.1.

Materials en estoc

En aquesta categoria hi podem trobar tots els cargols, les bigues dels testers, la xapa perforada, els rodons per a fabricar els eixos i prensa estopades, les manetes, les frontises...

4.4.2.

Materials específics

Aquí situaríem el làser específic, el motor, els coixinets, l'acoblament, els aspersors, els sensors...

4.5. Planells taller

Al taller es baixen principalment 4 planells.

4.5.1.

Planell per al torner

El torner rep uns planells on es mostren els eixos que ha de fer, si s'escau també hi van adjuntats els planells dels premsaestopes o de les plaques reten.

En aquest cas el torner ha rebut els planells dels eixos i dels premsaestopes. **Planells 3 i 4**

4.5.2.

Planell general

Aquest planell és el que s'ha acordat amb el client les mides generals. S'utilitza per a situar les boques, la llargada de la màquina, els sensors, etc. **Planell 1**

4.5.3.

Planell testers

Aquí apareix la bancada i l'extrem per tal de poder-los fer segons les necessitats. També hi apareix en aquest cas i en totes les canals el seu desenvolupament per a poder-la fer a la plegadora. **Planell 2**

4.5.4.

Làser

La funció d'aquest plànol és comprovar que hi hagi tot el que s'ha demanat, per a poder trobar algun error i així rectificar-lo a temps. **Planell 5**

4.5.5.

Altres

En alguns casos es poden baixar altres planells per a descriure algunes coses concretes, en aquesta màquina no ha sigut necessari.

4.6. Fabricació

La fabricació comença amb l'arribada al taller de la xapa tallada a làser, es comprova comparant-la amb el planell del làser per tal de que no falti res i es classifica per a poder treballar més còmodament.



Figura 4.6.1: Làser (Foto pròpia)

El següent pas és doblegar totes les xapes a la plegadora per tal de poder-les utilitzar quan siguin necessàries.

Aprofitant que s'està treballant a la plegadora a part de doblegar les xapes arribades del làser es dobleguen les xapes necessàries per a fer la canal de l'humidificador, aquest punt és molt important fer-lo bé ja que estalviarà molta feina posterior d'alineament.

Un cop estan les xapes doblegades és solden entre si per a formar la canal. Als extrems es solden les U. Un cop es té la canal feta amb les U es comença a posar les boques i els registres que van soldades a la canal, s'alineen amb les U, és talla el forat amb mola o amb plasma, en aquest cas s'ha fet en plasma, i és solden.



Figura 4.6.2: Boca descarrega (Foto pròpia)

Al mateix moment que és posen les boques a la canal un altre treballador va fent les tapes de la canal amb les seves respectives boques i registres. També es van fent tant l'extrem com la bancada.



Figura 4.6.3: Extrem (Foto pròpia)

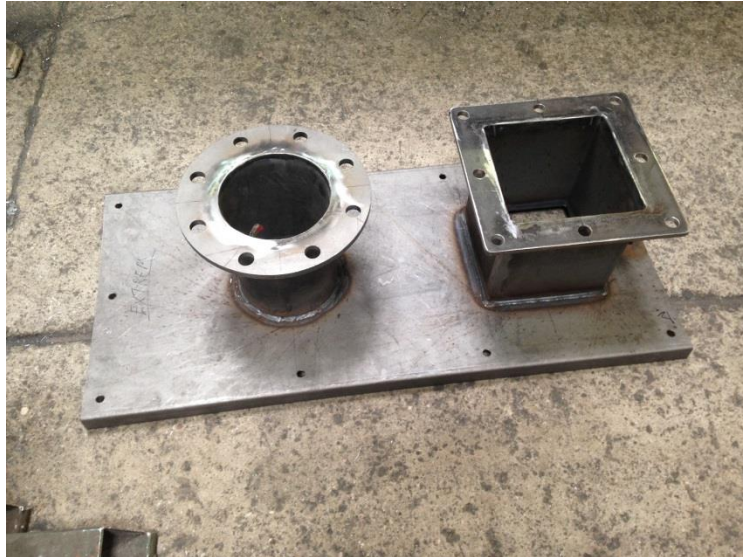


Figura 4.6.4: Tapa amb boques de càrrega (Foto pròpia)

Un cop acabada la canal, l'extrem, la bancada i les tapes, és el moment de fer la rosca. El torner és l'encarregat de fer els eixos, els quals van inserits dins el tub interior. Es talla el tub a la mida i posteriorment se l'hi solda la rosca, en aquest cas les aletes que configuren la rosca. Com que és una rosca especial i no existeix normalitzada es fa amb aletes i en aquest cas també se l'hi afegeixen uns rodons per a maximitzar el procés de mescla. Un cop està la rosca soldada és posen els eixos.



Figura 4.6.5: Aleta (Foto pròpia)



Figura 4.6.6: Rosca (Foto pròpia)

El procés de col·locació dels eixos és molt meticulós ja que en depèn la rotació de la rosca i un bon acabat farà que no rasqui a les parets de la canal.

En aquest punt ja es tenen tots els components per al muntatge, es posa la rosca dins la canal i es tanca per els dos extrems amb l'extrem i la bancada.

Es posen els coixinets, responsables de mantenir la rosca al seu lloc i procurar un moviment el més fi possible.



Figura 4.6.7: Coixinet (Foto pròpia)

Arribats en aquest punt es col·loca un moment el motor amb l'acoblament per a provar la màquina i assegurar el seu correcte funcionament. Un cop comprovat això es torna a treure el motor i l'acoblament. S'acaba de muntar la màquina ara ja amb tapes, l'estopada, el greix dels coixinets i tots els altres complements.



Figura 4.6.8: Muntatge (Foto pròpia)

La següent parada ja és el pintat.

4.7. Pintat

El pintat consisteix en tres parts, la primera, neteja química, consisteix en netejar la màquina amb dissolvent allà on s'hagi de pintar. Això es fa perquè el ferro pot està brut de l'oli provinent de la fabricació d'aquest o brut d'olis, greixos, birutes de ferro, etc, de la fabricació de la màquina. També es tapen les parts que no es vol que quedin pintades, com per exemple l'acoblament.



Figura 4.7.1: Acoblament (Foto pròpia)

La segona part, capa d'imprimació, consisteix en un pintat la funció del qual és protegir el metall dels agents exteriors i també s'encarrega de que l'esmalt s'enganxi millor.



Figura 4.7.2: Imprimació (Foto pròpia)

L'última part, capa acabada, és l'aplicació de l'esmalt que dona l'acabat final, més protecció i una imatge més acabada. En aquest cas s'opta per un esmalt per la màquina de color verd (RAL-6011) i per als protector de color groc (RAL-1021)



Figura 4.7.3: Esmalt (Foto pròpia)



Figura 4.7.4: Protector pintat (Foto pròpia)

4.8. Muntatge

Un cop totes les parts de la màquina han estat pintades es procedeix al muntatge de la màquina. Moltes de les parts ja estan acoblades, com és el cas de la rosca o les tapes. Ara s'instal·len els sensors, els protectors, el motor i les tapes dels registres.

Un cop està la màquina muntada es posen els adhesius de seguretat i la placa de Sinfimasa amb el numero de referència de la màquina i la data d'entrega.



Figura 4.8.1: Adhesiu seguretat (Foto pròpia)



Figura 4.8.2: Placa Sinfimasa (Foto pròpia)

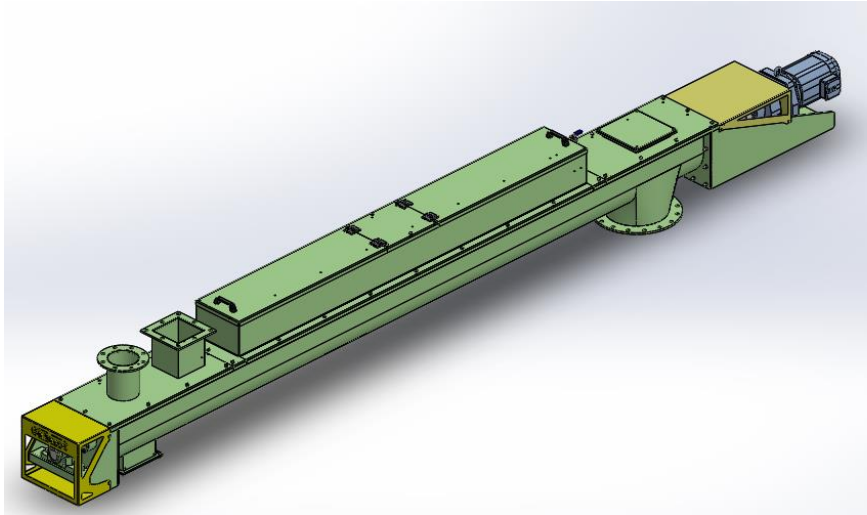


Figura 4.8.3: Màquina acabada en modelatge 3D (SolidWorks)

4.9. Enviament

En aquest cas, com que la màquina va al País Basc s'ha enviat en camió. Això comporta que l'únic embalatge necessari és l'embolcallament amb plàstic acotxat.

Habitualment el cost del transport l'assumeix el client, aquest cas no és una excepció.



Figura 4.9.1: Embalatge acotxat (Foto pròpia)

CAPITOL 5:

PRESSUPOST

El pressupost d'aquesta màquina es pot dividir en tres parts, costos derivats de l'oficina tècnica, costos derivats de la fabricació al taller i costos directes del material.

5.1. Costos directes del material

Els costos directes del material són els que costa adquirir els materials per a la fabricació de la màquina.

Taula 5.1.1: Costos directes del material (Font pròpia)

	Material	Número	Preu Unitat	Preu total
Cargolaria	Cargol - ISO 4027 - M6x8	4	0,012 €	0,049 €
	Cargol - ISO 4762 - M8x20	8	0,034 €	0,269 €
	Cargol - ISO 4015 - M8x65	6	0,071 €	0,426 €
	Cargol - ISO 4017 - M10x20	13	0,057 €	0,744 €
	Cargol - ISO 4017 - M10x25	36	0,064 €	2,317 €
	Cargol - ISO 4017 - M12x40	22	0,122 €	2,675 €
	Cargol - ISO 4015 - M16x65	4	0,303 €	1,212 €
	Cargol - ISO 4015 - M16x80	4	0,325 €	1,299 €
	Cargol Protectors - ISO 4162 - M6x20	8	0,031 €	0,25 €
	Femella - ISO 4034 - M8	8	0,009 €	0,072 €
	Femella - ISO 4034 - M10	50	0,02 €	1,011 €
	Femella - ISO 4034 - M12	22	0,03 €	0,664 €
	Femella - ISO 4034 - M16	8	0,071 €	0,57 €
	Femella Auto blocant - ISO 10511 - M6	8	0,007 €	0,06 €
	Femella Auto blocant - ISO 10512 - M8	20	0,014 €	0,283 €
	Femella Protectors - ISO 4161 - M6	8	0,009 €	0,072 €
	Volandra - ISO 7089 - M16	8	0,054 €	0,434 €
	Grower - ISO 7089 - M16	8	0,09 €	0,723 €
Instl. Aigua	Tub inox 22mm	2,5m	6,88 €/m	17,2 €
	Filtres aspersors 3/8" LECHER-(4)	4	4,42 €	17,68 €
	T 3/8"	3	11,3 €	33,9 €
	Colze 3/8"	1	6,06 €	6,06 €

	Aixeta	1	9,34 €	9,34 €
Acer	Xapa 5mm 1x2m	3	54,62 €	163,86 €
	Làser	Plànol a part		456 €
	Tub 139,7 x 6,3 B.P. ST-52	1m	34,45 €/m	34,45 €
	Rodó 140	0,17m	117 €/m	19,5 €
	Barra perforada 140	0,07m	102 €/m	7,14 €
	Xapa perforada 2x1	1	52,34 €	52,34 €
	Biga UPN 100	0,117m	11,13 €/m	1,299 €
	Rodó 22	0,34m	2,9 €/m	0,986 €
Altres	Coixinets SKF D.60- SNL	2	123,87 €	247,74 €
	Motor SEW DRE132S4	1	865,83 €	865,83 €
	Maneta	2	4,25 €	8,5 €
	Frontissa	4	5,42 €	21,68 €
	Detector de paro	2	7, €	14 €
	Engrassadors	4	0,1 €	0,4 €
	Acoblament	1	218,91 €	218,91 €
	Molla Premsa	6	0,2 €	1,2 €
	Estopada	1,6m	3 € /m	4,8 €

TOTAL	2.215,94 €
-------	------------

En total els costos del material ascendeixen a **2.215,94 €**.

5.2. Costos derivats de la fabricació al taller

Els costos derivats de la fabricació al taller són principalment el sou dels treballadors. Per a la fabricació d'aquesta màquina s'han empleat dos treballadors durant quatre dies en jornades de 8 hores.

Això són 32 hores a una despesa per a l'empresa de 18 €/h són **1.152 €** per al muntatge.

5.1. Costos derivats de l'oficina tècnica

Els costos derivats de l'oficina tècnica comprenen la feina de disseny i la feina de desglossament de la màquina.

Per norma es defineix un cost en aquest àmbit d'un 170% de la màquina.

Això suposa de la suma dels costos dels materials i de la fabricació de 3.367,943 €, multiplicat pel 170% dona com a resultat **5.725,5 €**.

Aquest és el sou de l'enginyer encarregat del projecte, però com que la feina feta per a aquesta màquina és útil per a màquines similars és posa la càrrega de treball del projecte en varies màquines.

Sumant tots els resultats anteriors obtenim el preu de la màquina.

$$\textbf{Preu final} = 2.215,94 + 1.152 + 5.725,5 = \textbf{9.093,45 €}$$

CAPITOL 6:

CONCLUSIONS

L'objectiu inicial del projecte era dissenyar un humectador i mesclador industrial, això s'ha aconseguit satisfactòriament. La màquina final és el resultat de l'observació de màquines amb objectius similars, com és el d'humidificar o el de mesclar. A partir de les observacions i mitjançant càlculs s'ha arribat al resultat final.

Un aspecte difícil a treballar han sigut els càlculs ja que actualment gairebé totes les dades de les màquines són extretes de taules creades amb l'observació d'altres màquines durant anys. En aquest apartat s'ha hagut de fer un treball de recerca per a poder trobar les fórmules i mecanismes per a calcular totes les dades necessàries per a dissenyar una màquina d'aquestes característiques.

S'ha treballat molt en contacte amb l'empresa per a poder observar millor el procés, tant en el disseny com en la fabricació. Això a aportat un grau de coneixement de la feina molt clar. En cas de dubtes s'han aclarit ràpid i eficaçment amb l'ajuda de Sinfimasa.

També valorar el millorament de la comunicació ja que a l'inici de la redacció del projecte hi havia algunes llacunes que amb el pas dels dies han anat desapareixen i millorant l'explicació, fent-la més entenedora per a un públic aliè al món de les màquines pel transport de materials granulosos.

CAPITOL 7:

BIBLIOGRAFIA

7.1. Referències bibliogràfiques

- [1] **A. L. Casillas.** Máquinas, Calculos de taller (1997)
- [2] **UNE 58-224-88.** Aparatos de manutención continua para graneles. Transportadores de tornillo sin fin. Reglas para el diseño de los accionamientos.
- [3] **URSSA.** Catálogo general. Chapas de acero.
- [4] **DVP.** Catálogo general de aceros inoxidables.
- [5] **SEW.** Technical data of the motors.



Escola Universitària d'Enginyeria
Tècnica Industrial de Barcelona
Consorci Escola Industrial de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Plànols



Disseny d'un humectador i mesclador industrial

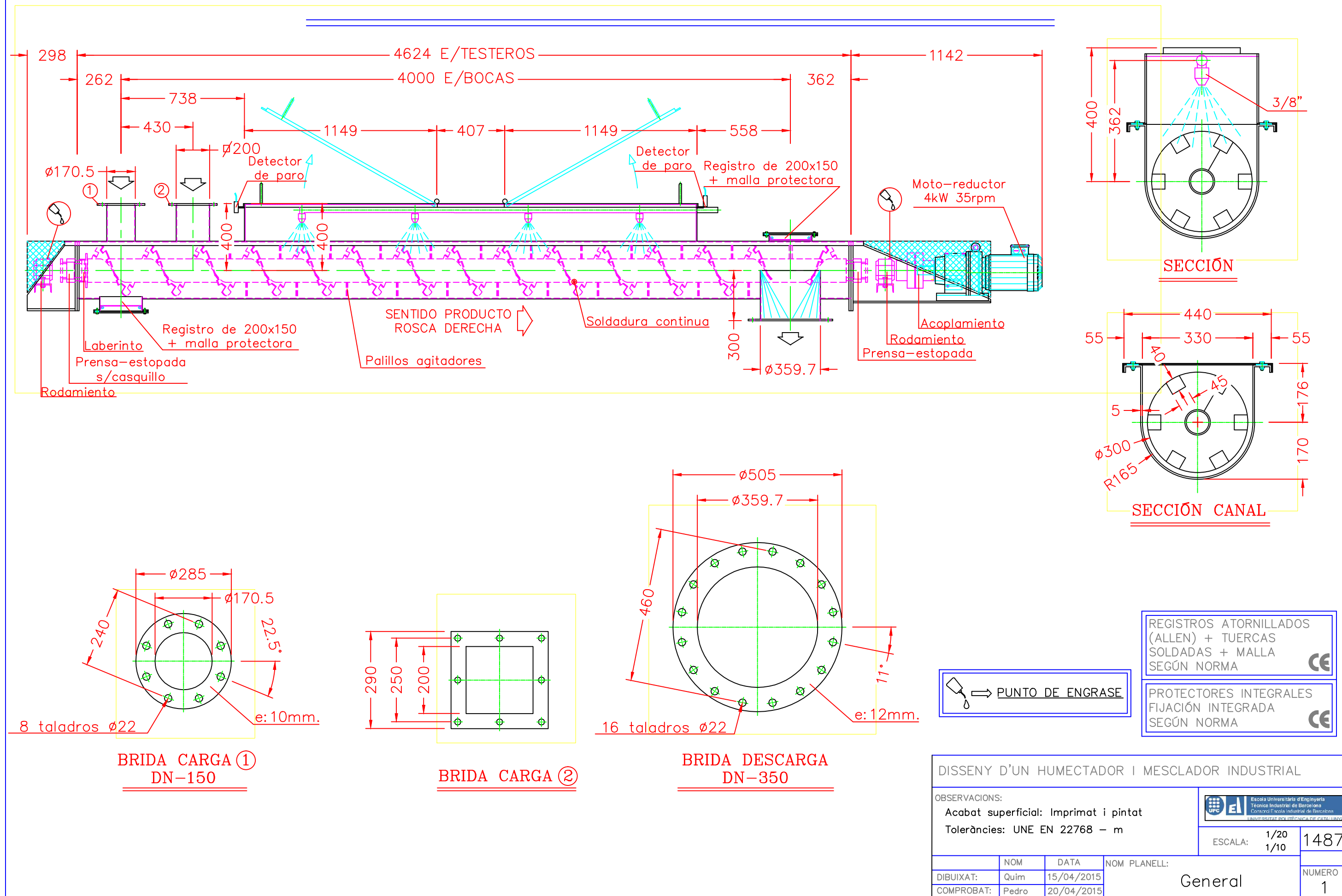
TFG presentat per optar al títol de GRAU en
ENGINYERIA MECÀNICA
per **Quim D'agon Nadal**

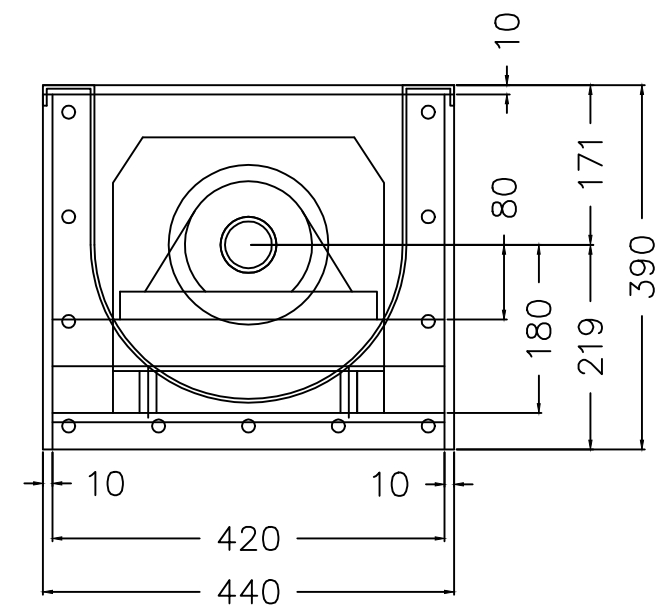
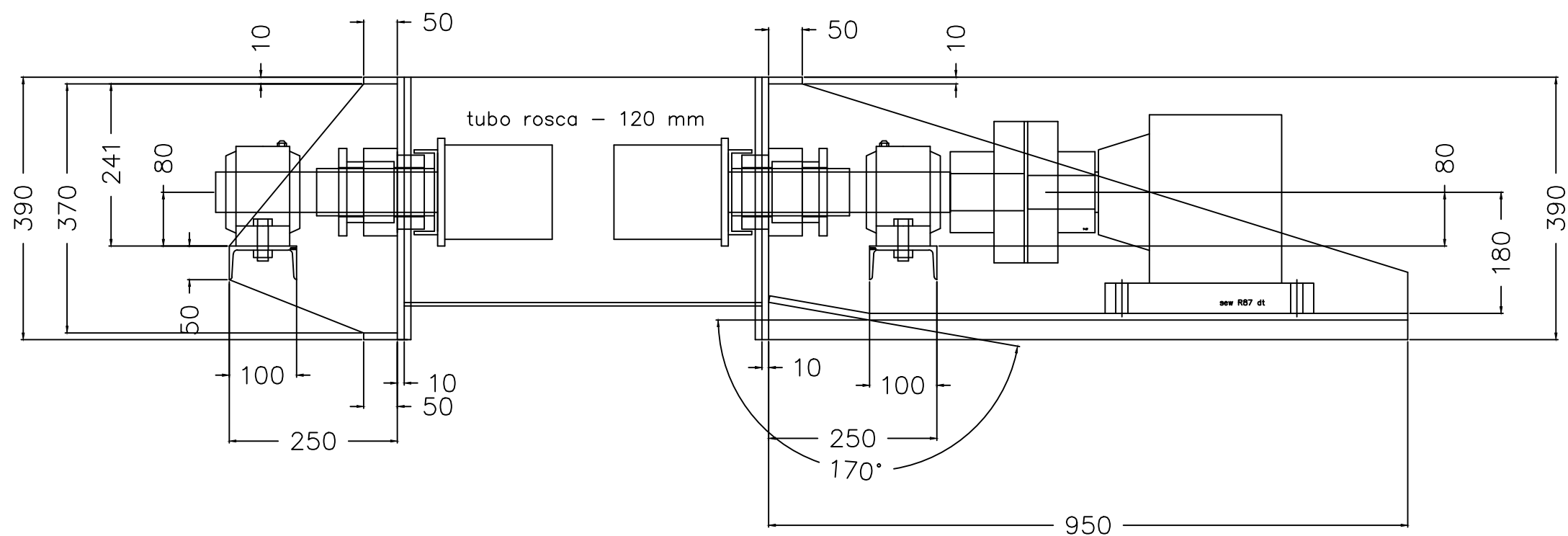
Barcelona, 09 de Juny de 2015

Director: Pedro Ortiz Morón
Departament EM
Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)

ÍNDEX PLÀNOLS

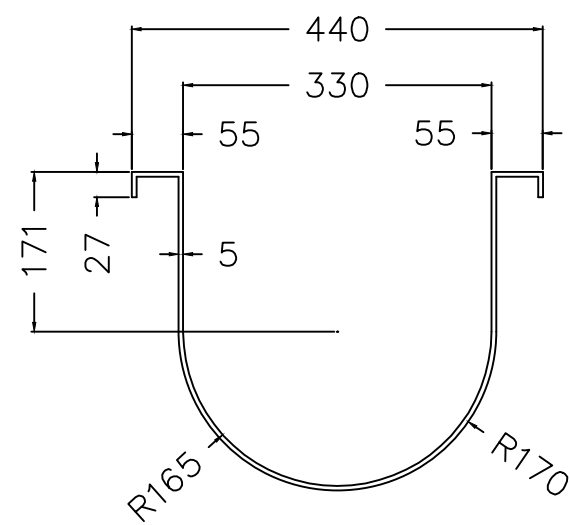
- 1. General**
- 2. Canal de 330 x 5**
- 3. Eixos i Acoblament**
- 4. Laberints**
- 5. Làser**





EXTREMO :

tubo lapeado de 70 x 60
laberinto
prensaestopas de 70
SKF de 60

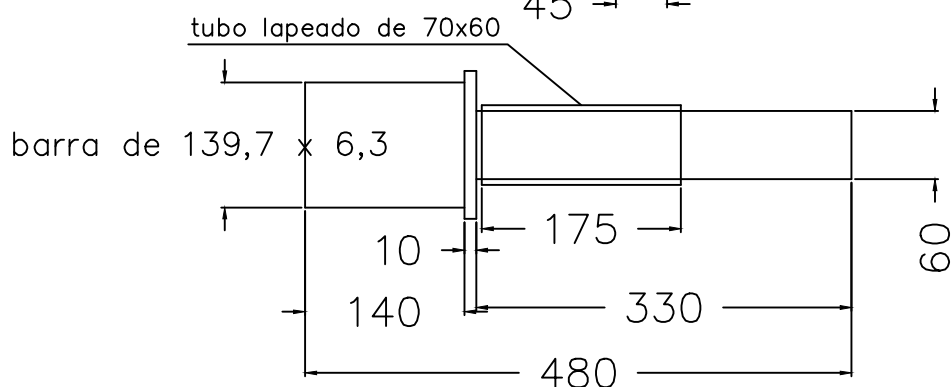
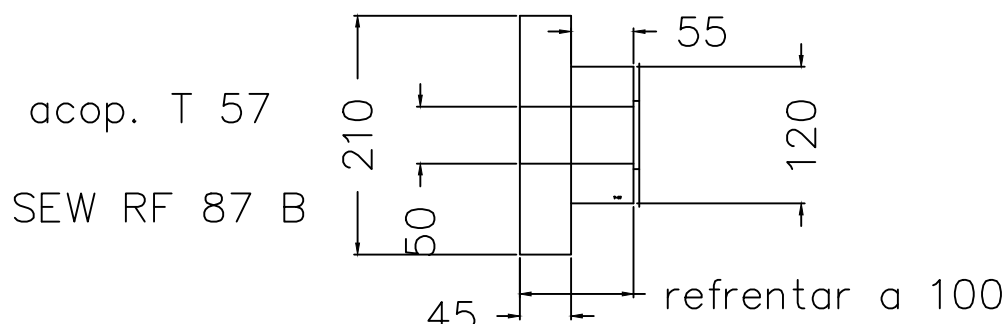
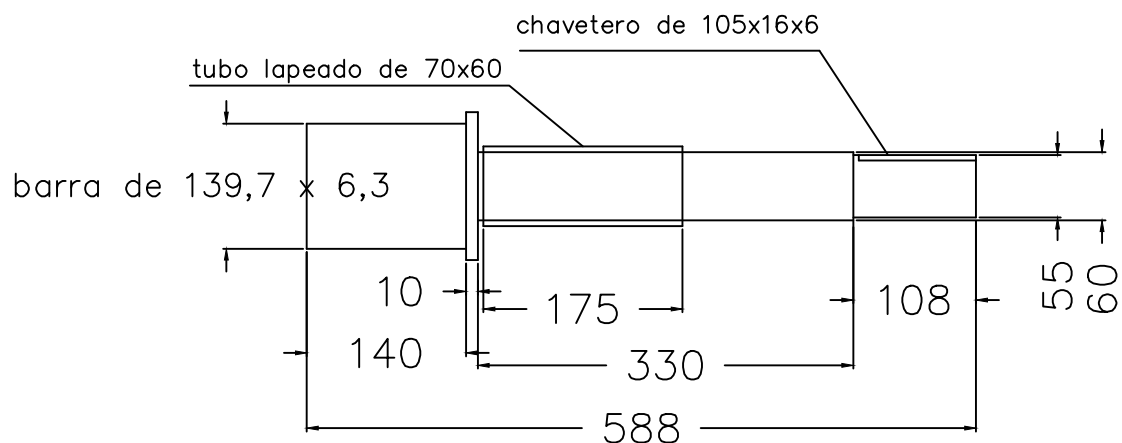


des. canal = 992 x 5 mm

MANDO :

tubo lapeado de 70 x 60
laberinto
prensaestopas de 70
SKF de 60
acop. T 57
sew R87 dt

DISSENY D'UN HUMECTADOR I MESCLADOR INDUSTRIAL				
OBSERVACIONS:				
Acabat superficial: Imprimat i pintat			ESCALA: 1/8	
Toleràncies: UNE EN 22768 - m			14871	
	NOM	DATA	NOM PLANOL:	
DIBUIXAT:	Quim	15/04/2015	canal de 330 x 5	
COMPROBAT:	Pedro	20/04/2015	NUMERO	
			2	



* 2 prensaestopas de 70
con laberinto

MATERIAL : f 114

CANTIDAD: 1 de cada

DISSENY D'UN HUMECTADOR I MESCLADOR INDUSTRIAL

OBSERVACIONS:

Acabat superficial: h7

Toleràncies: UNE EN 22768 – m

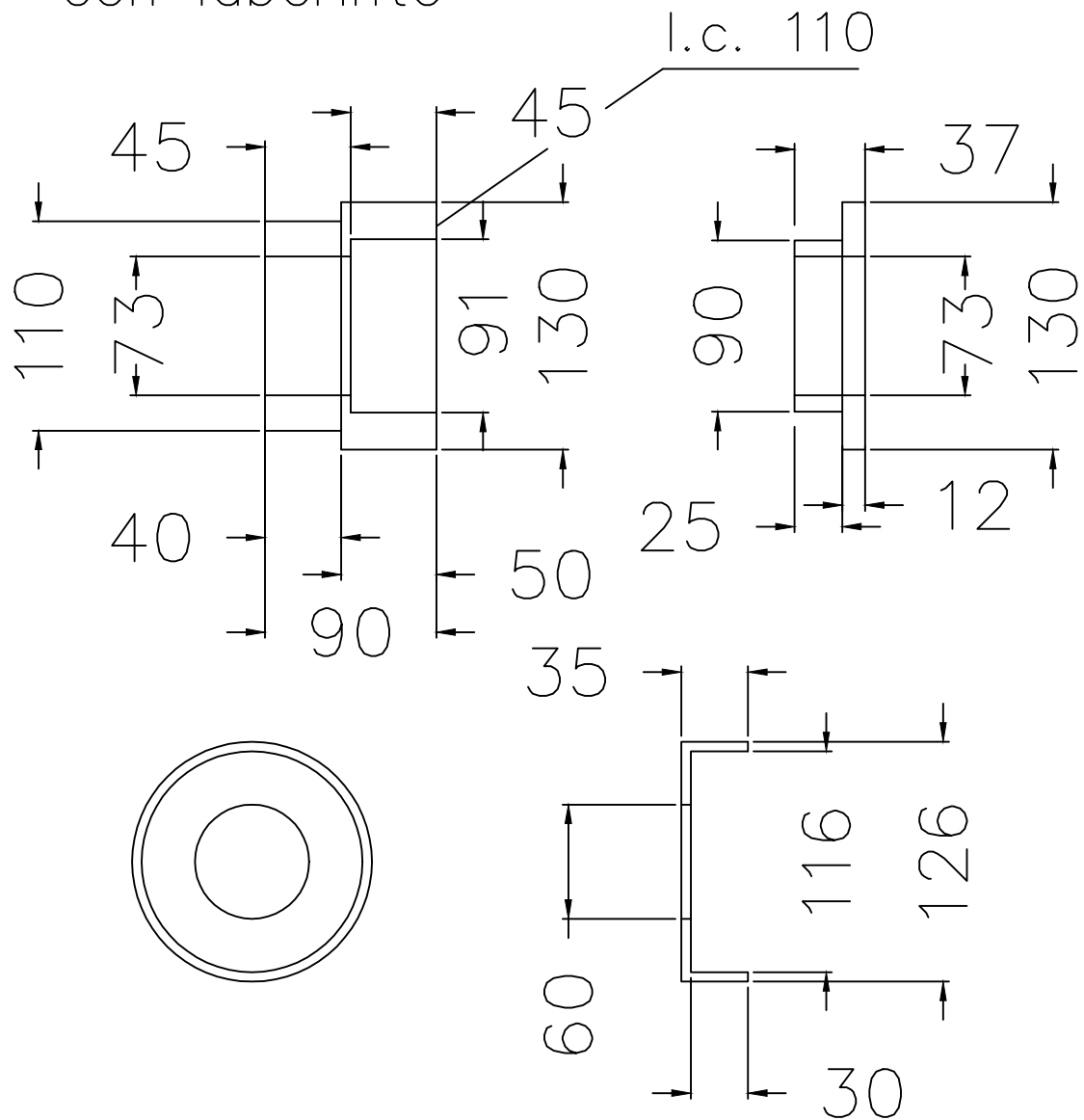


ESCALA: 1/8

14871

	NOM	DATA	NOM PLANELL:	NUMERO
DIBUIXAT:	Quim	15/04/2015	Eixos i acoblament	3
COMPROBAT:	Pedro	20/04/2015		

prensaestopas de 70 especial
con laberinto



MATERIAL : f 114

CANTIDAD: 2 de cada

DISSENY D'UN HUMECTADOR I MESCLADOR INDUSTRIAL

OBSERVACIONS:

Acabat superficial: H7

Toleràncies: UNE EN 22768 – m

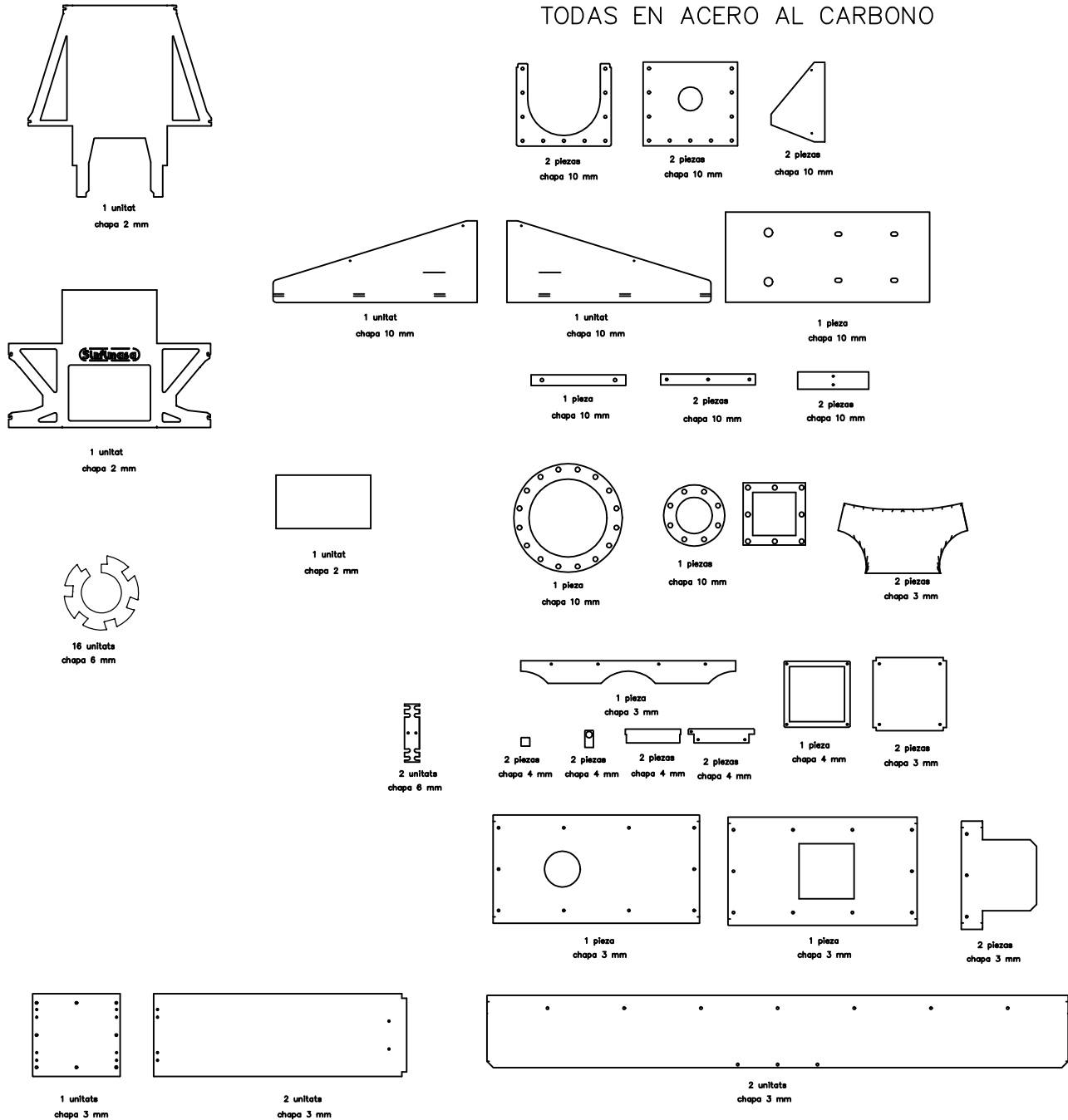


ESCALA: 1/5

14871

	NOM	DATA	NOM PLANELL: Laberints	NUMERO
DIBUIXAT:	Quim	15/04/2015		
COMPROBAT:	Pedro	20/04/2015		4

TODAS EN ACERO AL CARBONO



DISSENY D'UN HUMECTADOR I MESCLADOR INDUSTRIAL

OBSERVACIONS:

Planell només util per a controlar
que hi hagi tot el demanat.



ESCALA:

14871

	NOM	DATA
DIBUIXAT:	Quim	15/04/2015
COMPROBAT:	Pedro	20/04/2015

NOM PLANELL:

Làser

NUMERO
5